
MASSACHUSETTS
INSTITUTE OF TECHNOLOGY
1861
MENS ET MANUS



TRENTE-SIXIÈME ANNÉE

L'ÉLECTRICIEN

Revue Internationale de l'Électricité et de ses Applications

PARAISSANT LE 1er ET LE 15 DE CHAQUE MOIS

Rédacteur en Chef : Maurice SOUBRIER

Secrétaire général : L.-D. Fourcault

DEUXIÈME SÉRIE

TOMES L et LI

JANVIER — DÉCEMBRE 1920

ADMINISTRATION ET BUREAUX.

47 et 49, Quai des Grands-Augustins, PARIS (VIe) Téléph. GOBELINS 19-38 — 36-52

L. DE SOYE, Imprimeur-Éditeur. — DUNOD, Éditeur.

L'ÉLECTRICIEN

Revue Internationale de l'Électricité & de ses applications

PARAISSANT LE 1er ET LE 15 DE CHAQUE MOIS

Rédacteur en Chef : Maurice SOUBRIER

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

PROFESSEUR ADJOINT D'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

SOMMAIRE

L'Electrification à 3000 volts courant continu

DU RÉSEAU CHICAGO-MILWAUKEE & SAINT-PAUL RAILWAY.

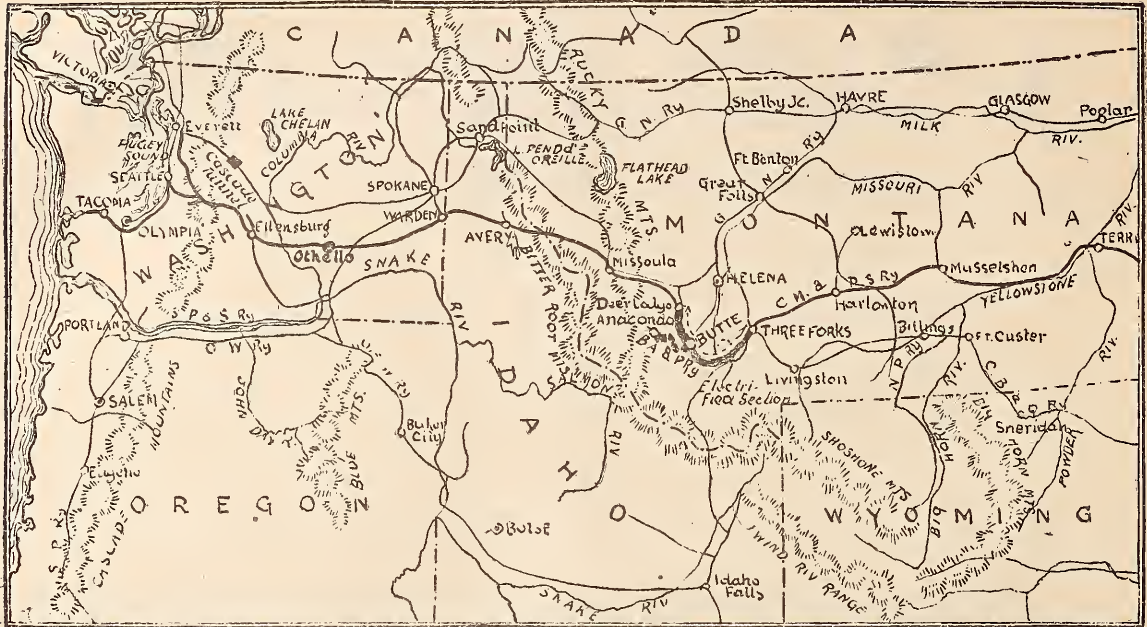
L'électrification partielle du Chicago-Milwaukee, aux Etats-Unis, en 1916, marque l'aurore de l'ère d'électrification des chemins de fer. C'est un pas décisif dans la voie qui permettra au monde de conserver ses ressources charbonnières et minérales, par l'utilisation de l'énergie des chutes d'eau. C'est certainement, depuis un siècle, le premier défi lancé audacieusement et victorieusement à la suprématie, jusqu'alors incontestée, de la traction à vapeur. Cet événement ne peut être comparé, dans l'histoire des chemins de fer, qu'à celui qui vit apparaître en Angleterre, en 1825, il y aura bientôt cent ans, la première locomotive entre Stockton et Darlington. Si donc les Anglais ont été les pionniers de la traction à vapeur, les Américains sont ceux de la traction électrique et sans vouloir contester la valeur des précurseurs des autres pays, il est hors de doute que, dans le domaine de la réalisation pratique, *la palme revient à la race anglo-saxonne, à nos vaillants alliés de l'un et l'autre continent.*

Dans les installations antérieures de traction électrique sur les grandes lignes, l'électrification a été décidée pour des raisons spéciales. telles que l'existence de tunnels, l'absence de la fumée dans les agglomérations des services de banlieue, etc. Dans le cas actuel, la traction électrique a été préconisée surtout pour des raisons économiques.

RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX

La ligne du Chicago-Milwaukee relie la ville de Chicago à la côte du Pacifique. Le tronçon actuellement électrifié s'étend de Harlowton à Avery fig. 1), dans les États de Montana et de Idaho. Il comprend la division des Montagnes Rocheuses (Rocky Mountains), de Harlowton à Deer Lodge (226,3 miles) et la division de Missoula, de Deer Lodge à Avery (213,9 miles), au total 440,2 miles, soit 710 kilomètres. Le profil très accidenté de cette ligne qui est à voie unique est donné par la figure 2. Il présente des rampes très longues et très rapides, atteignant jusqu'à 2 pour 100, ainsi que de nombreuses courbes de faible rayon. A la traversée des Montagnes Rocheuses, la ligne atteint une altitude de 6.300 pieds, soit près de 2.000 mètres, alors que la cote d'Avery n'est que de 750 mètres.

Bien que l'emploi des puissantes locomotives à



Électrification du Chicago Milwaukee & St Paul Railway.
Carte de la partie nord-ouest des États-Unis montrant la zone électrifiée.

Fig. 1.

vapeur Mallet se soit généralisé aux États-Unis, on conçoit que l'exploitation d'une ligne aussi accidentée, dans laquelle les variations de température sont considérables, les points d'alimentation des machines fort éloignés les uns des autres, difficiles à organiser et coûteux à entretenir, présentait de grosses difficultés au moyen de la traction à vapeur. En hiver, par des températures de 10 à 20° C. au dessous de zéro, avec de grandes chutes de neige dans les montagnes « Bitter Rotts », il survenait de sérieux retards imputables à des avaries de machines ou à l'impossibilité de maintenir la pression. La capacité des locomotives électriques n'est au contraire en aucune façon diminuée ni par la température froide ni par l'impossibilité d'obtenir du charbon et de l'eau dans le cas de bloquage par la neige.

Au cours d'une période de température très basse, en décembre 1915, des locomotives Mallet furent gelées en différents points de la ligne et la mise en service de nouveaux équipements électriques, fut hâtée pour les remplacer. En plusieurs occasions les locomotives électriques se montrèrent bonnes camarades en remorquant des locomotives à vapeur désemparées et des trains qui, — autrement, — auraient embouteillé la ligne.

L'application de la traction électrique sur une longueur aussi considérable de contrées montagneuses constitue la solution d'un des problèmes les plus difficiles qui ait jamais été surmonté par les ingénieurs de chemins de fer.

Les premières locomotives électriques furent mises en service régulier, le 9 décembre 1915, sur la section de Three Forks à Deer Lodge (185 km.). A partir de juillet 1916, le service fut complètement électrique sur la section de Harlowton à Deer Lodge. L'ensemble du tronçon de Avery à Harlowton a été mis en service en février 1917. C'est donc dès maintenant la plus longue ligne du monde entier fonctionnant au moyen de la traction électrique.

Les résultats d'exploitation ayant été satisfaisants, on a décidé d'équiper la section de Columbia, qui va d'Othello à Seattle et Tacoma. Cette section,

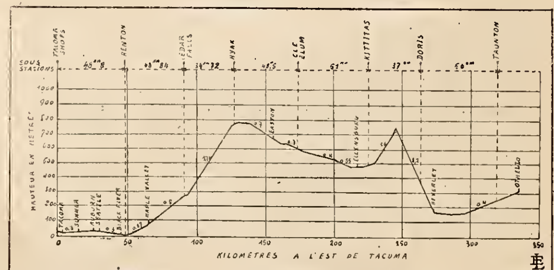


Fig. 3. — Profil de la 2e section en cours d'électrification.

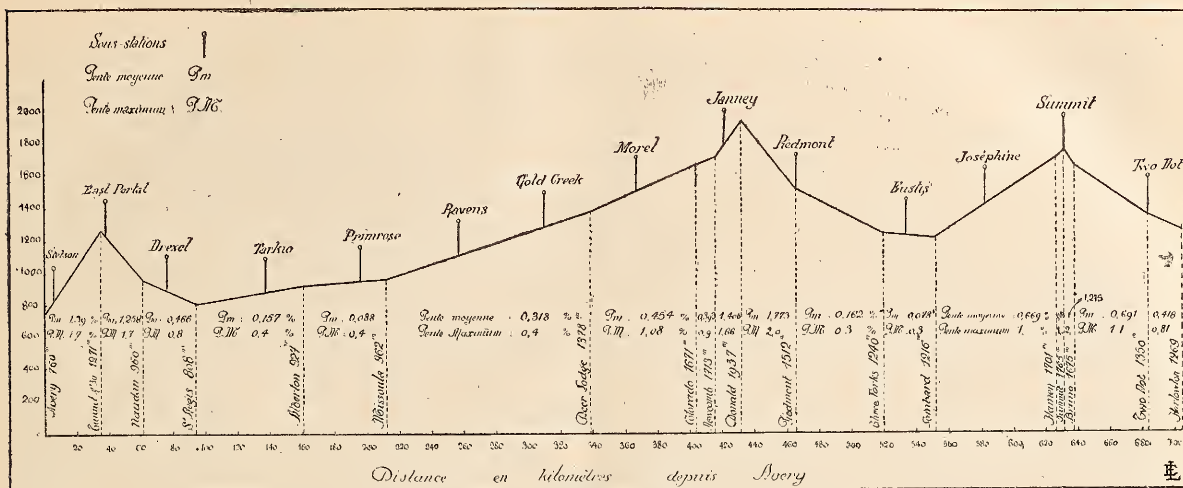


Fig. 2. — Profil en long de la section de 710 km. de longueur électrifiée en 1917.

d'une longueur de 325 kilomètres (fig. 3), est en cours d'installation et sera prête à mettre en service dans le courant de l'année 1920.

L'étude se poursuit pour l'électrification de la section intermédiaire, dite d'Idaho, qui va d'Avery à Othello (340 km.). Cette électrification, déjà décidée, portera à près de 1.400 kilomètres la longueur de grande ligne exploitée d'un seul tenant par traction électrique, ce qui représente près de 40 pour 100 de la longueur totale (environ 3.590 km.) de la ligne de Chicago à l'Océan Pacifique.

NATURE DU TRAFIC A ASSURER.

Le trafic sur cette ligne à voie unique, en pleine montagne, et traversant une région encore peu peuplée, n'est pas très intense.

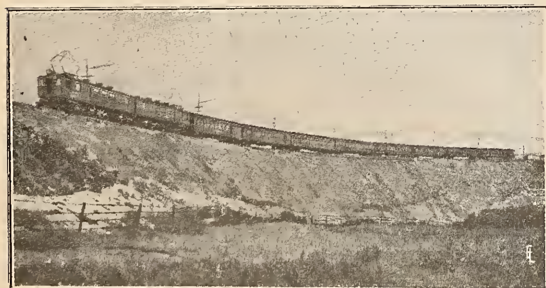


Fig. 4. — Le train transcontinental « L'Olympian » (voitures en acier pesant environ 65 tonnes l'une).

Les trains de voyageurs sont au nombre de deux par jour dans chaque sens. Ce sont les fameux trains transcontinentaux, l' « Olympian » (fig. 4) et le « Columbian », réputés pour leur confort, comportant généralement 10 à 13 voitures en acier, de chacune 70 tonnes américaines (1), soit

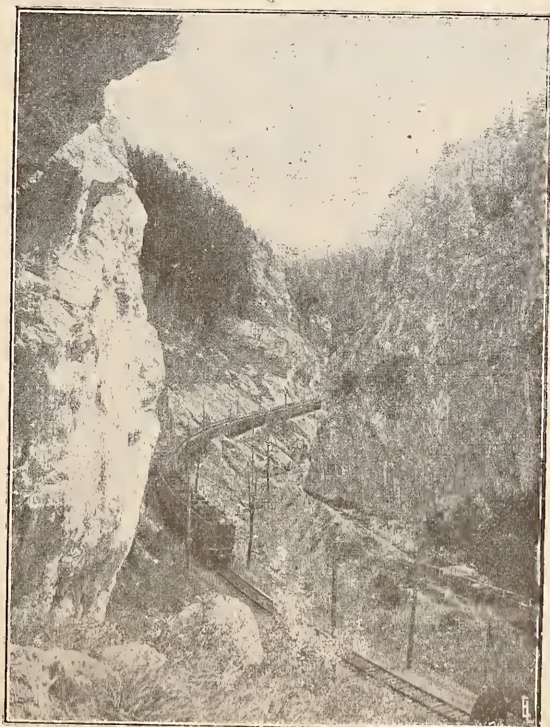


Fig. 5. — Un aspect de la traversée des montagnes Rocheuses.

(1) La tonne américaine normale ou courte tonne (short ton) vaut 2.200 livres de 453,6 grammes, soit 0,907 tonne métrique.

Sauf indication contraire, le poids des trains s'entend *locomoteurs non compris.*

de 700 à 900 tonnes remorquées. Ils sont traînés par un seul locomoteur, même dans les pentes de 20 millimètres. La vitesse atteint 96 kilomètres à l'heure, en palier.

Il y a chaque jour 3 trains réguliers de marchandises dans chaque sens, de 1.800 à 1.900 tonnes remorquées en moyenne, et souvent des trains facultatifs, élevant la moyenne réelle à près de 4 trains par jour dans chaque sens. Les trains de marchandises atteignent 2.800 à 3.200 tonnes. Un train de 2.800 tonnes est traîné par un seul locomoteur sur les pentes de 10 millimètres (l'effort de traction est alors de 33 tonnes métriques) et par deux locomoteurs, l'un en tête, l'autre au milieu du train, pour les pentes supérieures.

La statistique officielle du 1er janvier au 31 mai 1918 (151 jours) donne une moyenne journalière de 6,73 trains de marchandises au total (aller et retour), avec 9,2 locomoteurs, et une charge moyenne remorquée de 1.875 tonnes, en 49 wagons.

Le trafic augmente d'ailleurs constamment; mais, au lieu de prévoir un plus grand nombre de trains, on envisage la possibilité de porter leur poids à 5.000 tonnes, chiffre totalement inconnu dans l'exploitation des chemins de fer européens.

CHOIX DU SYSTÈME D'ELECTRIFICATION.

On a adopté le courant continu haute tension 3.000 volts pour les principales raisons suivantes :

1° On tenait beaucoup à appliquer la récupération et le monophasé pur ne s'y prêtait pas.

2° On voulait éviter les sujétions et dépenses entraînées par la protection des lignes télégraphiques et téléphoniques, ce qui éliminait tout système utilisant le courant monophasé sur la ligne de travail et en particulier le système monotriphasé.

3° Enfin, quel que soit le système adopté, on était nécessairement conduit à utiliser des sous-stations de transformation avec groupes rotatifs, car on ne disposait dans la région que de courant à 60 périodes et on ne voulait pas construire une Centrale spéciale de traction. Ces exigences enlevaient un des principaux avantages de tout système utilisant le courant alternatif.

En ce qui concerne le choix de la tension, on s'est arrêté à 3.000 volts d'après l'expérience acquise dans l'installation voisine du chemin de fer de Butte à Anaconda fonctionnant à 2.400 volts. On a estimé qu'on pouvait, sans danger, relever le voltage de 2.400 à 3.000 volts. Mais il ne faut pas se dissimuler que cette augmentation de 25 0/0 entraîne déjà de grosses difficultés au point de vue isolement pour l'établissement du matériel de traction et l'on n'osa pas aller plus loin. Il résultait d'ailleurs des calculs qu'une augmentation nouvelle du voltage aurait conduit à une économie de cuivre qui aurait été plus que compensée par l'élévation du prix des locomoteurs et des groupes convertisseurs. (Le fil de travail et le feeder de retour ne figurent, en effet, que pour 7 0/0 dans les frais d'installation.) Les frais d'entretien du matériel auraient été notablement augmentés.

Pour entraîner une réduction sensible des prix, il aurait fallu adopter une tension beaucoup plus élevée, 5.000 volts, par exemple, comme le préconise la Société Westinghouse, ce qui aurait permis de réduire le nombre de sous-stations. Mais la General Electric Company, qui a exécuté entièrement l'installation actuellement en service estime, que cette tension ne peut encore être atteinte pour une exploitation industrielle.

ALIMENTATION EN ÉNERGIE ÉLECTRIQUE.

L'alimentation est assurée par la « Montana Power Company », dont les lignes de distribution à 100.000 volts triphasés, 60 périodes, couvrent une grande partie de l'Etat de « Montana » et une partie de l'Etat d' « Idaho ».

La source la plus puissante d'énergie est constituée par les Centrales hydrauliques (fig. 6) établies près de la ville de Great Falls, sur la rivière Missouri. A cet endroit, sur un parcours de 13 kilomètres, le plan d'eau s'abaisse de 125 mètres, dont la moitié en chutes rapides; les usines de Black Eagle, Rainbow and Big Falls, développent une puissance de 140.000 chevaux, constituant une des plus puissantes et plus modernes centrales hydro-électriques de l'ouest des États-Unis.

D'autres usines hydrauliques ont été installées sur la rivière Madison. A l'autre extrémité de la ligne, près d'Avery, existe la centrale de 20.000 Kw.

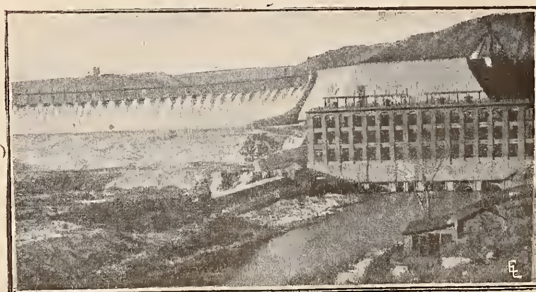


Fig. 6. — Barrage et usine hydro-électrique de Great Falls.

Fig. 7. — Centrale hydro-électrique de Long-Lake.

de Thomson's Falls. D'immenses réservoirs, d'une capacité totale de 500 millions de mètres cubes, ont été aménagés et sont utilisés aux époques où le débit des rivières est minimum, ce qui donne au service une continuité et une sécurité absolues.

Toutes ces centrales sont reliées par une ligne à 100.000 volts, supportée par des pylônes en acier, quelquefois par des poteaux en bois, et qui vient alimenter en sept points différents, où la charge est maximum, la ligne de transmission du Chicago-Milwaukee, qui suit la voie du chemin de fer.

La section actuellement en cours d'installation d'Othello à Seattle, dite zone de la Cascade, sera alimentée par l' « Inter-Mountain Power Company » au moyen de deux centrales : l'une à Long Lake (fig. 7), sur la rivière Spokane, l'autre à Snoqualmic Falls. Ces deux centrales seront reliées par une ligne de 275 kilomètres.

Dans notre prochain article, nous examinerons comment a été résolu le problème, plutôt délicat avec le courant continu haute tension, des sous-stations de distribution, ainsi que la question de la récupération de courant par freinage, qui acquiert une grande importance dans une ligne traversant sur de grands parcours une région aussi accidentée.

A. Tetrêl,
Ingénieur E. S. E.



Une coquille s'est glissée dans la rédaction de notre article de l'*Electricien* du 30 novembre 1919, page 218, haut de la deuxième colonne. Nous avons dit que l'électrification de 8.200 kilomètres du réseau français économiserait, avec le trafic actuel, deux millions de tonnes de charbon par an, représentant, aux cours pratiqués aujourd'hui pour le combustible, la somme de deux milliards.

Il faut lire : deux cents millions. Nos lecteurs auront d'ailleurs rectifié d'eux-mêmes cette erreur typographique.

Construction pratique de postes récepteurs de T. S. F.

Nous nous proposons, dans cet article, d'étudier la construction complète d'un petit poste récepteur pour amateur. A l'aide des éléments que nous allons considérer, il sera possible de recevoir à Paris et dans les environs immédiats ou même éloignés, les principaux postes à ondes amorties. Nous verrons plus tard, dans un article spécial, comment on peut recevoir les ondes entretenues, qui tendent de plus en plus à remplacer les ondes amorties,

Cette petite étude se divisera en plusieurs parties, chacune d'elles se rapportant à un organe essentiel du poste. Après l'étude de la construction simple d'un détecteur électrolytique avec réducteur de potentiel, d'un détecteur à galène, de bobines de selfs et de condensateurs réglables, nous aborderons les montages généraux et pratiques de ces postes :

En réalité, la construction d'un poste récepteur est très simple et n'est pas d'un prix élevé. Il suffira juste de se procurer un outillage rudimentaire et, avec quelques notions pratiques de construction, de l'idée et du goût, on arrivera à constituer un poste intéressant et qui pourra rendre d'utiles services. Notons seulement qu'il faut accomplir certaines formalités administratives, avant de se servir d'un poste de réception.

DÉTECTEURS

Nous n'insisterons pas sur la construction d'un cohéreur, des renseignements suffisants ayant été fournis dans nos précédents articles. En principe, un tel détecteur n'est plus employé et malgré sa construction simple, il nécessite un grand nombre d'organes supplémentaires (frappeur, relais, récepteur Morse) très difficiles à régler et trop délicats.

DÉTECTEUR ÉLECTROLYTIQUE

On se procure un fil de platine de 2/100e à 5/100e de millimètre et environ 2 à 3 cm de longueur (ce fil se trouve facilement dans le commerce), on le place dans un petit tube de verre de 3 à 4 millimètres de diamètre que l'on chauffe doucement. On étire la partie chauffée (fig. 1-*a*) très lentement, de façon à bien noyer le fil de platine, puis on laisse refroidir. Un trait de lime en *a* facilitera la cassure du tube, et il ne restera plus qu'à amener le fil à effleurer rigoureusement l'extrémité du tube en la frottant sur de la toile émeri fine.

On constitue l'électrode complète en versant une petite quantité *b* de mercure dans le tube (2 à 3 gouttes) et en y faisant plonger un petit fil de cuivre *d*. On ferme le tube pour éviter les poussières à l'aide d'un peu de cire à cacheter.

L'autre électrode peut être faite simplement par un fil de plomb *f* (fusibles servant pour l'électricité) enroulé en spirale sur un petit mandrin.

Il suffira de se procurer maintenant un petit flacon à large embouchure et un bouchon neuf. Ce bouchon, en liège, par exemple, sera percé de deux trous pour laisser passer les électrodes, et plongé pendant un quart d'heure dans un bain de paraffine fondue, pour le rendre inattaquable aux acides.

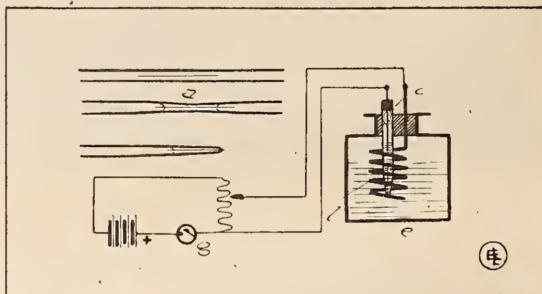


Fig. 1.

On monte alors les organes comme le montre la figure 1 et on verse dans le vase *e* de l'eau acidulée, dans les proportions suivantes : eau 100 cm³, acide sulfurique 10 à 15 cm³.

Nota. — L'acide peut attaquer le plomb au bout d'un certain temps, parce que celui-ci n'est pas pur, on change alors l'électrode et l'électrolyte. La cause d'un mauvais fonctionnement peut aussi provenir de l'extrémité platine ; il suffirait alors de rafraîchir la pointe ou si elle est cassée de la remplacer. Signalons en outre qu'il est quelquefois difficile de couler de la cire dans le petit tube ; on facilite l'opération en introduisant au préalable un petit bouchon d'ouate.

PILE ET RÉDUCTEUR DE POTENTIEL

La pile peut être formée par deux éléments Leclanché ou deux piles sèches montées en série.

Comme une tension trop élevée produirait une électrolyse continuelle, on adjoint au système un dispositif destiné à régler la force électro-motrice aux bornes du détecteur. Celui-ci est formé d'un fil résistant g monté aux bornes de la pile. Il faut qu'il ait une grande résistance, puisqu'il met en court-circuit le détecteur, qui a lui-même une grande résistance, et les piles.

Il faut le constituer avec du fil de maillechort très résistant. On peut alors monter ce fil, qui doit être isolé, sur un cylindre en laiton avec un curseur (voir bobines), ou constituer des petites bobines montées entre les plots d'un simple commutateur que l'on trouve facilement dans le commerce. La résistance de l'ensemble est variable avec le nombre d'éléments employés ; avec un élément, la résistance totale doit être de l'ordre de 80 à 140 ohms.

Le montage est représenté par la figure 14, le pôle positif de la pile étant toujours relié à l'électrode fil de platine. Il est en outre préférable de monter un interrupteur permettant la coupure générale, quand la réception est terminée.

DÉTECTEUR A CRISTAUX

On sait que ce détecteur est le plus sensible et n'exige pas de force électro-motrice auxiliaire ; nous le recommandons donc particulièrement, surtout avec les petites antennes.

Ce détecteur se compose d'un morceau de galène (sulfure de plomb naturel) sur lequel vient appuyer une pointe fine métallique. La galène se trouve dans le commerce et est très répandue. Nous recommandons de demander des morceaux sensibles et déjà essayés pour la télégraphie sans fil. Il est évident qu'on pourrait préparer de la galène artificielle, en mélangeant à chaud de la fleur de soufre et de la limaille de plomb, mais les points sensibles sont peu nombreux, et la préparation assez délicate.

La construction d'un détecteur à galène est fort simple. Il suffit de se munir d'une petite capsule métallique b (métal embouti de diamètre intérieur convenable) ; après avoir nettoyé la surface intérieure et extérieure de la capsule, on coule un peu de plomb dans la cavité et, un peu avant le refroidissement, on engage la galène c dans le plomb fondu, en laissant seulement dépasser la surface extérieure (fig. 2). Pour obtenir de bons contacts et éviter que le métal fondu n'adhère pas à la capsule, il faut prendre des précautions spéciales (soudure ou aspérités créées à l'intérieur de la capsule). On soude alors la capsule sur une petite lame en cuivre d et on monte le système à l'aide de vis et de bornes sur un support isolant s (bois bien sec et rendu isolant par immersion préalable dans un bain de paraffine).

On constitue le support de la pointe sensible par une lame coudée en cuivre f percée de trous e et e'. L'extrémité supérieure porte une borne g dans le trou de laquelle s'engagera le fil métallique. On monte la lame f sur le support isolant comme l'indique la figure.

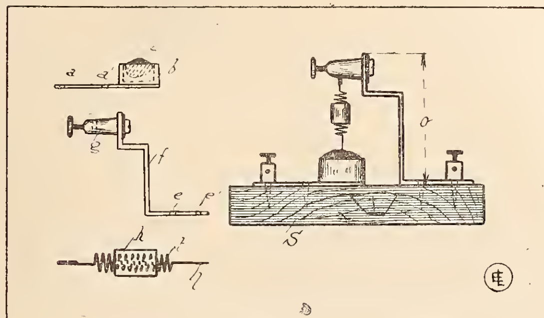


Fig 2.

Il ne reste plus qu'à constituer la pointe métallique à l'aide d'un fil rigide de $0^{m},75$ de diamètre (maillechort ou ferro-nickel). Pour le rendre flexible, on forme un boudin assez long t en enroulant le fil sur un crayon ; on engage ensuite un petit tube de caoutchouc h de longueur plus petite que la longueur totale du boudin. Ce tube est destiné à isoler le détecteur du corps de l'opérateur, quand on recherche un point sensible.

Remarquons que la distance o doit être assez grande pour permettre le déplacement du fil sur toute la surface de la galène, tout en lui gardant une certaine flexibilité. La pointe du fil métallique peut être simplement formée par une coupure en biais à l'aide d'une petite pince coupante.

BUZZER

Le buzzer est un appareil destiné à rechercher les points sensibles d'une galène. C'est en somme une sonnerie sans timbre (fig. 3) dont les étincelles de rupture impressionnent la galène. Le circuit est monté comme l'indique la figure 16. Il faut éviter le bruit produit par l'armature quand elle est attirée par l'électro-aimant ; ce bruit peut gêner pour la recherche d'un point. On devra donc écarter le plus possible la lame vibrante des noyaux, de façon à ce qu'il y ait attraction sans choc, ou bien on peut interposer un petit arrêt en caoutchouc. Si le cristal employé est peu sensible, on relie un fil (petite antenne) à la borne e et on approchera le fil du détecteur.

Le montage peut être fixe ou mobile. Nous recommandons le montage mobile qui permet des recherches plus faciles et des essais sur la sensibilité des points (par action à distance). A cet effet,

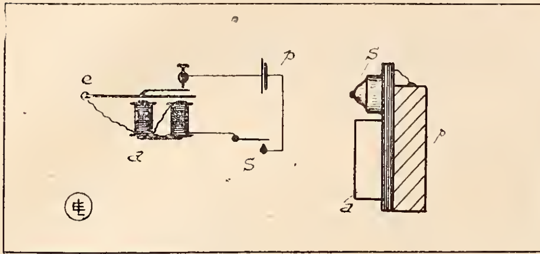


Fig. 3.

un montage très simple que nous avons employé avec succès consiste à prendre une sonnerie petit modèle, à en enlever le timbre que l'on remplace par un bouton de sonnerie *s*, et à monter la pile *p* sur la face opposée. Un dispositif de ce genre peut être facilement déplacé par la main gauche, alors que la droite recherche le point sensible.

Remarquons que si on ne trouve pas de bons points, cela peut être dû à la galène (poussières, humidité). Dans ce cas, on peut la nettoyer à l'aide d'un peu d'ouate imbibée d'éther.

SELFS

La self sert à accorder les postes. Elle peut être utilisée comme self d'antenne et, dans ce cas, est intercalée dans l'antenne même ; ce montage correspond aux postes de réception directs. Elle peut servir aussi pour les montages Oudin ou Tesla. La construction est la même dans les deux cas.

Le fil employé doit avoir un diamètre variant entre $0^{mm},7$ et 1^{mm}. On peut utiliser, par exemple, du fil de sonnerie ou du fil de cuivre isolé au coton (1 couche), ou encore du fil émaillé.

On enroule simplement le fil sur un tube en carton que l'on trouve facilement dans le commerce (tubes à ruban). La longueur du cylindre doit être de 30 à 40 cm pour les petites selfs et de 40 à 90 pour les grandes, le diamètre moyen étant 10 cm. Comme un seul tube n'aurait pas une longueur suffisante, il suffira d'en prendre deux ou trois de même diamètre, de les coller bout à bout et enfin, pour éviter les raccords, d'enrouler une feuille de papier assez fort sur le cylindre en la collant par endroits. Quand le tube est ainsi préparé et séché, on passe une couche de gomme laque que l'on fait dissoudre au préalable dans de l'alcool à 95° et on laisse sécher. Après cette opération, on enroule le fil *b* (fig. 4) sur le tube *a* en serrant convenablement les spires et on arrête provisoirement le fi à l'aide d'épingles.

Il suffira ensuite de passer deux couches de gomme laque et de monter le tube entre deux joues *e*, *e'* en bois paraffiné ; le fil peut alors être connecté aux bornes *c* et *c'* et l'ensemble du montage disposé sur une planchette *s*.

Il est préférable d'employer des cylindres en carton fort plutôt que des cylindres en bois, dont le diamètre varie sous l'influence de l'humidité. On a constitué ainsi une self fixe, dont le coefficient de self-induction n'est pas variable, et correspondra (en montage) à une longueur d'onde donnée.

En pratique, il est préférable de la rendre variable, en intercalant un plus ou moins grand nombre de spires. A cet effet, on enlève l'isolant du fil suivant deux lignes tracées à l'avance *o* et *o'*. Cette opération se fait à l'aide d'un grattoir ou d'une lime douce.

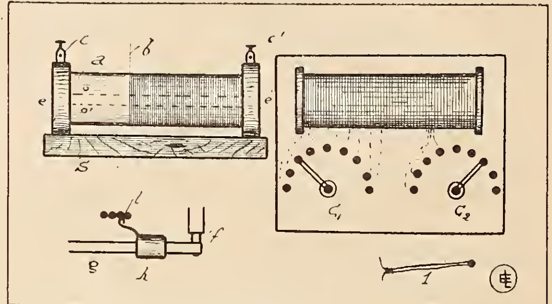


Fig. 4.

On constitue un curseur en établissant une règle en laiton ou aluminium *g* montée avec deux cavaliers en ébonite *j* et *f'* fixés sur les joues *e* et *e'*. Le curseur proprement dit est formé par une petite pièce en laiton creuse *h* coulissant exactement sur la règle. Sur cette pièce, est soudé un ressort doux *l* recourbé à son extrémité *t* (voir figure). Le curseur doit être isolé de la main par un vernis isolant, un tube en caoutchouc ou un peu de chatterton.

On peut utiliser à la place du curseur des commutateurs à plots C_1 et C_2. Ces commutateurs seront connectés l'un de 10 en 10 spires et l'autre de spire en spire.

Pour les montages Oudin, où l'on utilise deux variations de self, on monte un ensemble de chaque côté de la bobine ou bien encore on monte les deux commutateurs C_1 et C_2 en parallèle sur les mêmes spires.

REMARQUES

Les dispositions des commutateurs C_1 et C_2 sur la planchette *s* peuvent être comme le montre la figure 17. On peut encore monter un commutateur de chaque côté de la bobine ou sur les faces extérieures des joues *e* et *e'*.

Pour éviter des soudures entre les spires et les fils de liaison, on peut plus simplement former

une boucle au moment du montage de la bobine, laquelle boucle (1) sera ligaturée pour maintenir la spire et placée sous le contact.

Notons que l'emploi de commutateurs à plots (assez faciles à construire avec des clous de tapissier) ne donnent pas de réglages très précis, parce qu'on intercale un grand nombre de spires à la fois. Pour des postes éloignés on devra intercaler un condensateur réglable.

BOBINES COUPLÉES

On sait que dans le couplage par induction, on dispose deux bobines l'une près de l'autre, de telle façon qu'il y ait induction de l'un sur l'autre et que cette induction puisse varier. On peut très facilement construire deux bobines couplées (fig. 5).

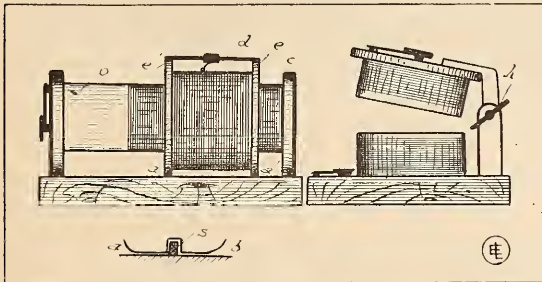


Fig. 5.

La bobine secondaire *c* est construite comme on l'a indiqué précédemment, mais le réglage doit s'effectuer par un commutateur à plots placé sur une des joues, ou sur le socle. La bobine primaire *d* est montée sur un cylindre plus grand ; elle doit entourer la bobine secondaire et se déplacer sur elle. Les deux joues *e* et *e'* en forme de couronnes sont entaillées en *s* ; l'entaille s'engage dans une règle en bois fixée sur le socle, et guide la bobine dans son déplacement. Le nombre de spires de la bobine primaire *d* doit être égal au quart environ du bobinage secondaire. La variation de couplage s'obtient par déplacement de la bobine *d* et par réglage du nombre de spires des deux bobines. Pour que le coefficient d'induction mutuelle varie dans des limites plus larges, le bobinage ne s'étend pas sur toute la longueur du tube en *o*.

Cette disposition est très commode et facile à construire. Une autre disposition commode consiste à disposer deux bobines avec commutateurs à plots dont l'une peut tourner autour d'un axe *h*. Cette disposition employée par nous permet des variations de couplage plus faciles. Le support de l'axe de rotation *h* est en bois et fixé sur le socle.

CONDENSATEURS

La construction d'un condensateur variable est plus difficile ; on peut le constituer à l'aide de petites feuilles de papier d'étain ou d'aluminium séparées par des lames de mica ou de celluloïd de $\frac{2}{10}$ à $\frac{3}{10}$ (le diélectrique doit avoir une surface plus grande que les lames pour éviter celles-ci de dépasser). On associe des groupes de plus en plus grands et on les relie à un commutateur à plots (fig. 6). Il est très difficile de déterminer

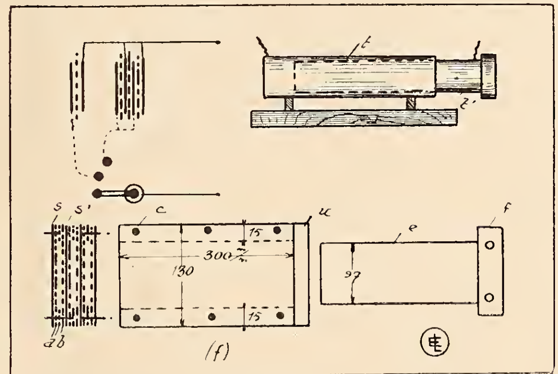


Fig. 6.

la capacité convenable et il vaut mieux opérer par tâtonnements en essayant avec les selfs construites. On écoute d'abord un poste en apériodique, et on intercale le condensateur en mofifiant armatures et diélectriques jusqu'à ce que l'on obtienne un son maximum.

Une construction plus intéressante et ne nécessitant pas ces tâtonnements consiste à utiliser un tube de laiton *t* de 10 cm de diamètre et 30 cm environ de longueur fixé sur un socle par l'intermédiaire d'isolants. Un autre tube *t'* de diamètre plus faible, sur lequel est collée une toile isolante fine, constituera l'autre armature. En enfonçant plus ou moins le tube *t'* dans le tube *t*, on variera la capacité de l'ensemble.

Enfin, en se procurant quelques plaques de celluloïd (réparation accumulateurs) de $\frac{3}{10}$ et des lames fines d'aluminium, on peut construire un condensateur plan variable très intéressant. Les plaques *s*, *s'*, etc..., sont assemblées par l'intermédiaire de plaques de celluloïd de même surface (fig. *f*). Les petites lames *a* découpées dans les mêmes plaques de celluloïd laissent un espace vide, pour faire glisser l'autre armature. Celle-ci comporte des

lames d'aluminium *c* en nombre égal aux nombres d'espaces, assemblées par un isolant rigide *f*.

Nous avons obtenu des variations sensibles de capacité avec des groupes de 6 à 8 lames de dimensions données (fig. 19). Il y a intérêt à laisser dépasser légèrement en *u* les plaques de celluloïd. Les espaces doivent être de l'épaisseur des plaques d'aluminium employées.

RÉCEPTEURS TÉLÉPHONIQUES

On peut employer pour de petits postes des récepteurs téléphoniques de réseau (250 ohms) et on aura intérêt à grouper deux récepteurs en série à condition qu'ils soient semblables.

Pour recevoir des postes situés à grande distance, il vaut mieux utiliser des récepteurs spéciaux plus résistants (500-1000 et 4000 ohms) que l'on groupe en série ou en parallèle et qui sont généralement montés sur un serre-tête.

MONTAGE PRATIQUE DES POSTES

Réception à faible distance. — On peut se servir comme antenne d'un balcon, d'un lit, ou mieux, d'un fil tendu le long du mur à l'extérieur d'une pièce (fil de sonnerie) ou se servir plus simplement d'une installation de sonnerie bien isolée des appareils de sonnerie et des piles. La terre peut être simplement constituée par la conduite d'eau (montages 1 et 2 en direct, fig. 7).

Pour augmenter la sensibilité, on devra disposer de fils très longs.

Réception à une distance assez grande. — Il faut se servir dans ce cas d'une petite antenne (fil assez long, 30 mètres et plus) tendue horizontalement

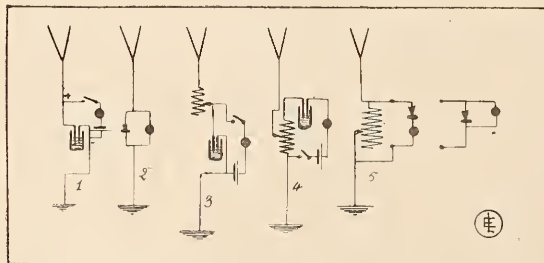


Fig. 7.

entre deux arbres, deux toits ou simplement à quelques mètres du sol. Si l'on ne dispose pas d'une longueur de 10 à 30 mètres, on peut employer plusieurs brins égaux écartés d'au moins 1 mètre parallèles ou non parallèles. Le fil employé doit être en cuivre d'assez forte section et très résistant au point de vue mécanique, il doit être bien isolé des points d'attache, et l'entrée de poste doit être faite à l'aide de fil à fort isolement.

Une bonne antenne de réception permettant d'entendre les grands postes et montée avec des dispositifs en dérivation ou à induction, doit être faite de 2 brins d'environ 20 à 30 mètres disposés comme les deux côtés d'un triangle isocèle à 8 ou 10 mètres du sol, tendus horizontalement et reliés au sommet à une entrée de poste d'au moins 8 mètres

Le montage (3) peut alors s'appliquer aussi bien au détecteur électrolytique qu'au détecteur à galène. C'est un simple montage indirect avec bobine de self intercalée en série dans l'antenne.

On peut aussi monter le détecteur en apériodique sur la bobine de self. Cette disposition a l'avantage de ne pas intercaler directement le détecteur dans l'antenne (fig. 20, montage 4 et 5, ou variantes, en réglant sur la connexion de terre).

a) Montages en Oudin. — Avec le montage en Oudin, la sélection est meilleure. On peut alors utiliser une bobine à deux curseurs (fig. 8-1) ou à 3 curseurs (2) avec détecteur électrolytique ou à galène.

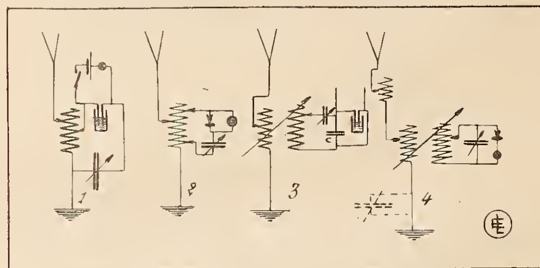


Fig. 8.

b) Montages en Tesla. — Les montages en Tesla présentent les plus grands avantages. Le montage 3 correspond au détecteur électrolytique. Le condensateur *c* peut être simplement formé de 8 à 10 feuilles d'étain (carré de 8 cm) séparées par des feuilles de papier paraffiné. Le montage 4 correspond aux détecteurs à cristaux. On peut, à l'aide d'un interrupteur (voir articles précédents), couper le condensateur pour la recherche d'un poste; dans ce cas, on marche d'abord en apériodique, et en intercalant le condensateur, on obtient un circuit secondaire oscillant, qui peut être accordé sur le circuit primaire.

Dans chacun des cas considérés, on pourra parfaire les réglages en disposant dans le circuit primaire une self d'antenne et un condensateur d'antenne (montage pointillé de 4).

P. MAURER,
Ingénieur-électricien.

Pratique de l'Electricité

MESURE DE LA PUISSANCE D'UN MOTEUR MONOPHASÉ OU TRIPHASÉ A L'AIDE D'UN VOLTMÈTRE ET D'UN AMPÈREMÈTRE.

Il s'agit de mesurer la puissance d'un moteur soit monophasé, soit triphasé, sans avoir recours à un wattmètre, c'est-à-dire avec le seul secours du voltmètre et de l'ampèremètre, question qui nous a été posée par un lecteur.

Que le moteur soit monophasé ou triphasé, le procédé est le même, sauf que dans le triphasé on a deux séries de mesures à faire, au lieu d'une seule qu'exige le monophasé, et qu'on doit faire emploi d'un commutateur inverseur.

Nous donnons le cas du moteur triphasé parce qu'il offre le plus de difficultés et qu'il est le plus fréquent, tout en employant la méthode la plus simple pour la pratique courante. Nous nous plaçons en outre dans le cas où le point neutre du moteur n'est pas sorti, comme cela se présente ordinairement, et enfin nous supposons un couplage en étoile du moteur avec phases équilibrées.

Supposons que M soit le moteur. Sur l'une des phases de la ligne, 3 par exemple, on intercale un ampèremètre A et une résistance *r* sans self-induction. On choisit pour cela, de préférence, une résistance liquide (comme dans certains rhéostats à liquide) ou un pont de lampes à incandescence groupées convenablement pour laisser passer le courant voulu.

On dispose ensuite d'un inverseur I destiné à insérer le voltmètre V dans les circuits où doivent

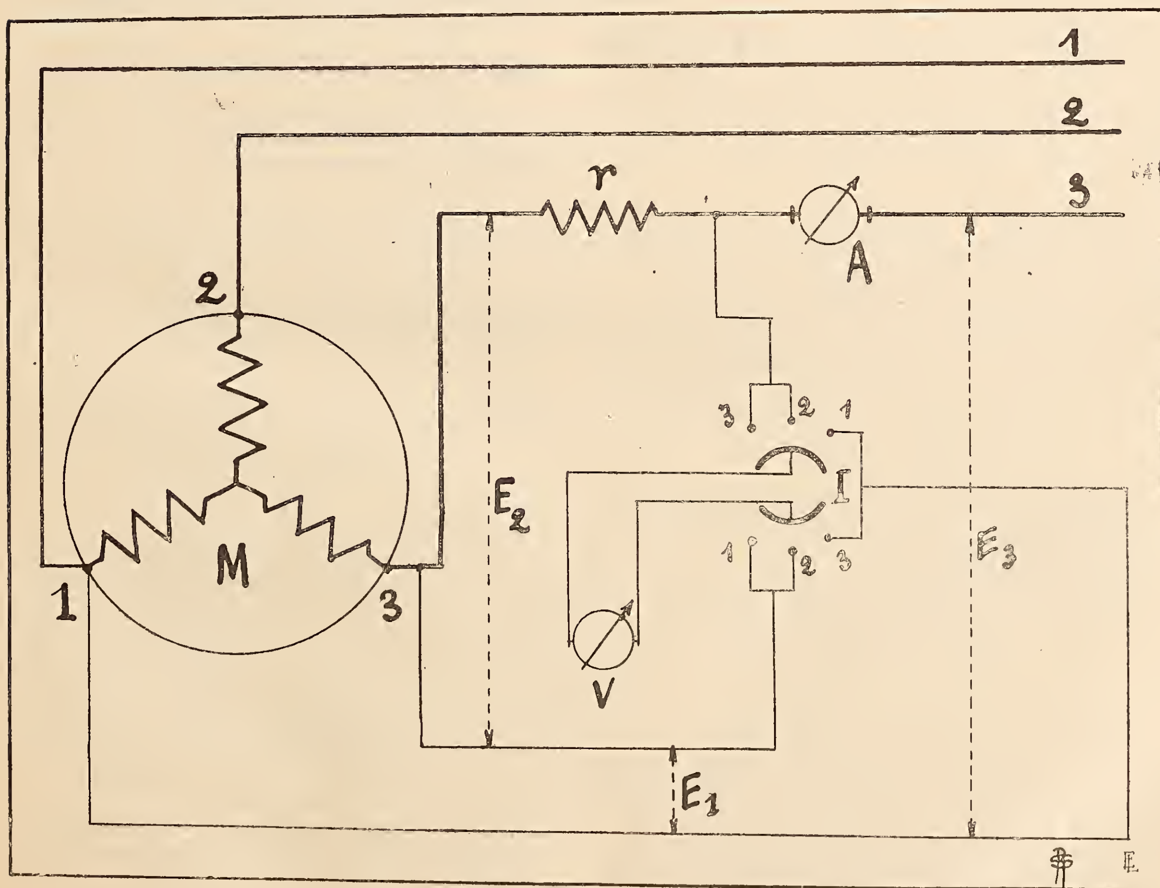


Fig. 1.

s'effectuer les mesures, le tout connecté comme l'indique le schéma ci-contre (Fig. 1).

La première série de mesures portera, par exemple sur les phases 1 et 3 du moteur et nous aurons :

1° Trois mesures de voltage à faire, savoir :

E_1 entre les deux phases 1 et 3 ;

E_2 entre les extrémités de la résistance sans self *r* ;

E_3 entre les extrémités du circuit constitué par les phases 1 et 3 et la résistance *r* ou encore entre les phases 1 et 3 de la ligne.

2° Une mesure d'intensité à l'aide de l'ampèremètre A, ceci pour obtenir la valeur exacte de la résistance *r* au moment de chaque série de mesures.

La valeur de cette résistance *r* sera donnée à chaque fois par la loi d'Ohm.

En plaçant la clé de l'inverseur en 2 — 2, on mesure la tension E_2 entre les deux extrémités de la résistance *r*; au même instant, on lit I à l'ampèremètre A, la valeur de *r* est à cet instant :

$$r = \frac{E_2}{I}$$

On lit ensuite en déplaçant la clé de l'inverseur en 1 — 1

La puissance donnée par cette première série de mesures est donnée par la formule :

$$W_1 = \frac{E_3^2 - E_2^2 - E_1^2}{2\,r}$$

Nous n'avons là qu'une partie de la puissance du moteur. Une deuxième série de mesures complétera la détermination de cette puissance.

Cette deuxième série de mesures portera à présent sur les phases 2 et 3, par exemple, en faisant le changement de connexions nécessaire. Dans ce but, et pour plus de rapidité dans l'essai, chose essentielle, un inverseur placé dans le circuit de la ligne (non représenté sur la figure) serait d'un bon secours.

Ce changement fait, nous noterons encore précédemment :

1° Les voltages E'_1, E'_2, E'_3.

2° La nouvelle valeur de la résistance *r* soit *r'*.

La puissance sera dans ce cas :

$$W_2 = \frac{E_3'^2 - E_2'^2 - E_1'^2}{2\,r'}$$

La puissance du moteur sera alors :

$$W = W_1 + W_2$$

Dans toutes ces mesures, il est essentiel de remarquer qu'il faut que le régime soit suffisamment constant dans tout l'essai, parce que les lectures se font à des intervalles forcément assez longs.

Il sera bon de refaire l'essai plusieurs fois et de prendre la moyenne des résultats obtenus, la certitude et l'exactitude seront ainsi plus grandes.

Nous ferons observer que cette méthode n'est pas, au point de vue exactitude, exempte de reproches, parce que les calculs portent sur des valeurs qui sont élevées au carré, de sorte qu'une légère erreur de lecture peut être considérablement grossie dans les résultats obtenus.

Nous signalerons qu'on peut, par cet essai, surtout lorsque les phases sont équilibrées, déterminer le facteur de puissance du moteur, qui est donné (voir le n° du 15 novembre de l'*Electricien* (1) par la relation :

$$tg\varphi = \frac{W_1 - W_2}{W_2 + W_2}$$

d'où l'on déduit la valeur de cos φ.

Toutefois la détermination du facteur de puissance par ce procédé est loin d'être aussi sûre et aussi exacte qu'avec l'aide d'un wattmètre, par la raison même de la longueur des mesures et des erreurs de lecture signalées ci-dessus.

R. Sivoine.

DÉCAPAGE CHIMIQUE DU CUIVRE

ET RÉCUPÉRATION ÉLECTROLYTIQUE SIMULTANÉE DU MÉTAL ET DE L'ACIDE SULFURIQUE

Il est indispensable, avant de procéder au laminage du cuivre, de faire disparaître la mince pellicule superficielle d'oxyde de cuivre produite dans les opérations successives de chauffage et de recuit. D'où la nécessité de décaper ce métal.

On le soumet, dans ce but, dans de grandes cuves de bois doublées de plomb, à l'action d'une solution étendue d'acide sulfurique, chauffée par un courant de vapeur d'eau. A mesure que la solution se sature de sulfate de cuivre, le décapage se ralentit; on peut alors ajouter une nouvelle quantité d'acide et ainsi de suite.

Il existe plusieurs méthodes chimiques de récupération du cuivre et de l'acide sulfurique contenus dans le sulfate de cuivre formé en pure perte dans l'opération précédente. A ces méthodes tend à se substituer un procédé électrolytique infiniment plus avantageux, permettant d'obtenir du cuivre pur prêt à être fondu et une solution d'acide sulfurique de concentration voulue et immédiatement utilisable à nouveau pour le décapage. Ce

---

(1) Dans cet article, p. 205, une erreur typographique avait inversé la formule donnant le cos φ, qui est en réalité $\cos\varphi = \frac{P}{VI}$.

procédé est employé avec succès dans une usine de la Westinghouse Electric Manufacturing C°.

Le décapage se fait dans deux cuves disposées en série, ayant chacune 5 mètres de long, 1 mètre de profondeur et plus de 1 mètre de large. Elles sont parcourues par un courant de solution sulfurique qui s'écoule à une vitesse donnée, 20 litres par minute, par exemple, de la dernière cuve de décapage dans la première cuve de récupération. Celles-ci sont au nombre de cinq dans l'installation en question; elles sont également disposées en série et réunies par des conduites en caoutchouc. La dernière constitue un petit réservoir dans lequel se rassemble la solution relativement concentrée d'acide sulfurique qu'une pompe refoule dans la cuve de décapage. L'acide parcourt ainsi un cycle chimique fermé.

Le fonctionnement continu des deux séries de cuves est facile à réaliser par un réglage convenable de la vitesse de circulation de la solution sulfurique.

Le courant est fourni par un générateur 60 volts, 1.000 ampères. Dans l'espace de 60 jours, près de 1.600 kilos de cuivre ont été récupérés, soit environ 1/2 kilo par kilowatt-heure dépensé, et 2.600 kilos d'acide sulfurique; durant la même période, 1.100 tonnes de cuivre ont été décapées, malgré la capacité relativement peu considérable des cuves de décapage. Ce rendement très satisfaisant est dû au procédé de récupération simultanée qui permet de maintenir une teneur en acide assez élevée et très sensiblement constante.

Mg. J. RIVIÈRE.

RÉSISTANCE PLACÉE SUR LE NEUTRE d'un circuit triphasé.

Dans une distribution triphasée souterraine, des défauts peuvent se présenter entre phases ou entre un quelconque des fils de phase et l'enveloppe du câble. Le défaut le plus commun dans une distribution avec neutre se rencontre entre phase et neutre.

Pour limiter le courant lorsqu'il se produit un quelconque des défauts ci-dessus énoncés, on peut employer des relais convenablement réglés.

Une compagnie ayant un système de distribution figuré par le schéma ci-dessous possédait plusieurs feeders de distribution fournissant chacun un débit de 150 ampères à pleine charge sous une différence de potentiel de 4.000 volts (entre neutre

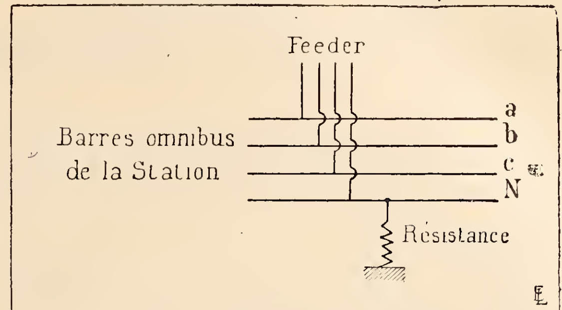


Fig. 1.

et phase $\frac{4.000}{\sqrt{3}}$ = 2.300 volts) et les relais étaient réglés pour faire déclancher instantanément les disjoncteurs lorsque le débit atteignait 500 ampères. Dans un premier essai, une résistance variable fut insérée entre la barre omnibus du neutre de la station et le point neutre des transformateurs, il en résulte un déséquilibrage de la tension et l'opération de mise en parallèle des transformateurs à 60 volts alimentés par des convertisseurs de fréquence de 25 à 60 volts devint presque impossible à réaliser.

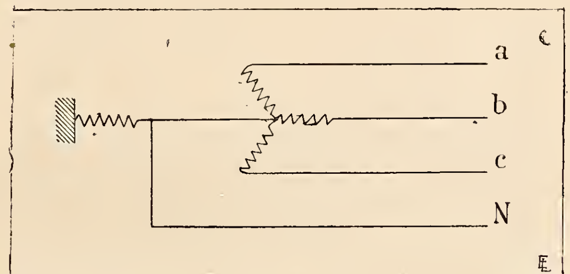


Fig. 2.

Pour vaincre cette difficulté, on plaça la résistance entre le point neutre des transformateurs et la terre ; de cette façon il ne pouvait y avoir passage de courant que s'il se produisait un défaut entre un fil de phase et l'enveloppe du câble, le conducteur neutre n'étant mis à la terre qu'à la station.

La valeur de la résistance trouvée suffisante, pour limiter le courant en cas de régime troublé était de 0,ω8 et le schéma ci-dessus montre les connexions réalisées en dernier lieu (Fig. 2).

M. M.

(D'après *Electrical Review.*)

ÉCRANS ÉLIMINATEURS
de rayons secondaires, en radiologie.

++

Pour *éliminer* les rayons secondaires et donner plus de finesse aux clichés radiographiques de parties épaisses, on avait déjà essayé et préconisé avant la guerre une sorte de *cloisonnement* vertical placé entre sujet et plaque.

Mais sur le cliché, le cloisonnement donnait un quadrillé blanc, plus ou moins régulier, et qui nuisait aux résultats (surtout sur les bords).

Ce *quadrillé* peut disparaître entièrement si, pendant la pose, *on agite le cloisonnement* en tous sens. Ce procédé photographique permet de perfectionner les écrans éliminateurs, de faire des cellules beaucoup plus étroites et plus efficaces, quoique moins hautes, sans autre inconvénient que d'allonger un peu le temps de pose.

Répétons, à l'usage des profanes, que les rayons secondaires sont produits par tout ce qui est frappé par les rayons X : parois de l'ampoule, os et chair du malade, bois de la table, etc. Mais les propriétés de ces rayons secondaires sont très variables suivant la matière productrice : *pénétrants* avec le zinc, ils sont très *mous* provenant du plomb et ces derniers sont arrêtés par une faible épaisseur d'air, et sont absorbés par la feuille de papier noir qui enveloppe les plaques sensibles ; d'où emploi universel de l'*écran dorsal* en plomb.

Il est facile à comprendre que l'irradiation d'un corps épais (thorax, bassin), produit dans la masse un rayonnement secondaire dans tous les sens, et que les parties de la plaque protégées des rayons directs par les os, projectiles, calculs, etc., reçoivent obliquement les rayons secondaires, lesquels *voilent* un peu ces parties de la plaque qui devraient rester blanches pour donner une image nette.

En interposant, immédiatement sur la couche sensible, un écran cellulaire de plomb de construction analogue à un demi-gâteau d'abeilles (vide de miel), les *couloirs* permettent l'arrivée des rayons directs venant de l'ampoule, et arrêtent les rayons secondaires obliques, d'autant plus que les cellules sont plus hautes et plus étroites. Pour réduire au minimum l'ombre des cloisons, ces cloisons devraient converger vers le centre de l'anticathode, et dans la pratique la partie centrale seule des clichés ainsi obtenus était présentable.

En remuant légèrement ce gâteau pendant la pose, on obtient une impression uniforme, même avec un écran à alvéoles irrégulières.

Voici quelques indications pour fabriquer vous-mêmes des écrans éliminateurs du format de vos plaques :

1° De petits bouchons de liège (pharmacie) de bonne qualité, cylindriques ou légèrement coniques, sont entourés de papier de plomb, collés par leurs grandes bases juxtaposées sur un placage léger de bois, de bristol ou de carton. Puis, posant l'ensemble dans une concavité (ou sur un coussin moelleux, un tambourin desserré) les bords des bouchons se joignent : il suffit de les coller dans cette position, soit entre eux, soit en appliquant à leur surface un nouveau placage.

Cet *écran courbe* pourrait servir ainsi ; mais on peut le rendre plan, soit à la presse, soit en arasant les surfaces (ce qui diminue un peu la hauteur).

2° Dans la fabrication ci-dessus, le papier de plomb peut être remplacé par une *peinture à la céruse* ou au minium autour des bouchons.

3° On peut remplacer le liège par du bois blanc léger et bien sain : une planchette d'aulne d'un centimètre d'épaisseur est peinte à la céruse sur les deux faces, ou garnie d'un papier de plomb, puis découpée en réglettes qui sont ensuite assemblées sur un placage, les côtés peints réunis.

Puis découper à nouveau cette nouvelle planchette dans un sens perpendiculaire et réunir les nouvelles baguettes de la même manière.

4° Pour faire un *écran éliminateur* à très petites cellules, préparer un bloc plus ou moins épais de feuilles de carton et de papier de plomb (analogue au bloc paraffiné qui forme le *condensateur* des bobines de Rhumkorff ordinaires), puis avec le le massicot d'un imprimeur découper ce bloc en baguettes larges de la moitié de l'épaisseur de l'écran projeté (3 ou 4 millimètres), faire deux plaques en collant ces baguettes côte à côte (feuilleté vertical), puis superposer comme un contre-placage en fil biais.

F. GIBON.



Nota. — Pour l'usage, l'écran éliminateur doit être remué au moins d'une largeur de cellule, régulièrement, mais aussi lentement que l'on veut.

Il peut n'être remué que dans un sens, même avec des cellules quadrillés régulières, pourvu que toutes les lignes de cloisons soient *obliques* à la direction du mouvement.

— Les amateurs photographes qui noircissent l'intérieur de leurs appareils comprennent l'influence des rayonnements secondaires.

— Ceux qui ont « posé » des places publiques de Paris sans une seule voiture ou un seul passant sur le cliché comprennent aussi que l'écran remué ne masquera rien sur la plaque.

PRATIQUE INDUSTRIELLE

Les causes du coup de feu au collecteur.

Quelques observations d'un praticien sur un accident assez fréquent d'exploitation.

Je n'ai encore trouvé nulle part un traité parlant du « coup de feu ». Et cependant, dès mon arrivée en usine, j'ai entendu prononcer ce nom par mes électriciens. Aussi je pense intéressant d'en dire quelques mots à l'usage du débutant dans la pratique.

Qu'appelle-t-on *coup de feu*?

C'est l'amorçage d'un arc sur le collecteur d'une dynamo à courant continu ; par conséquent un court-circuit, avec violente déflagration généralement.

Cet accident ne se produit pas souvent à 110 volts. Mais à 440 volts c'est fréquent, si l'on n'y prend garde, sur les machines d'ancienne fabrication à calage des balais variable, ou encore sur les moteurs de traction à leur mise brusque en court-circuit sur une résistance de freinage mal calculée. Cela se produit également sur des commutatrices hors d'un court-circuit en ligne.

Voyons ce qui se passe.

Soit qu'il est demandé à la machine une intensité trop élevée (court-circuit), soit que son calage ne soit pas au point s'il est variable, la dynamo *crache* : des étincelles jaillissent sous les balais, s'allongent, si bien qu'elles arrivent à atteindre soit le pôle de nom contraire par les balais et porte-balais, soit à chacun des deux pôles la masse de la machine à l'étoile porte-balais ou aux flasques supportant le palier : le court-circuit est franc. Cela se passe en un temps excessivement court et, si c'est une grosse machine, on perçoit une violente détonation, le collecteur disparaît derrière la lueur éblouissante de l'arc et un nuage de fumée produit par les matières volatilisées. — Il semble impossible *a priori* qu'un arc s'amorce ainsi à 440 volts à travers une couche d'air de 5 à 15 cent... Mais il faut penser qu'au moment où il se produit, il est *véhiculé* : les étincelles sont fortes, chassées par la rotation de la machine, et chargées de parcelles enflammées de charbon.

J'ai vu dans une centrale une génératrice 450 volts 280 ampères d'ancienne fabrication, qu'on ne peut, avec calage fixe des balais, faire passer de zéro à la pleine charge sans risque d'amorcer un arc. Il faut caler suivant la charge. — Cette machine débite sur un tableau avec d'autres génératrices en parallèle, et l'ensemble fournit du courant à une vingtaine de moteurs shunt de 50 HP actionnant des machines-outils. Chaque génératrice est protégée par un disjoncteur à maximum et retour de courant, et chaque ligne par un disjoncteur à maximum. Lorsqu'un arc s'amorce en pleine marche sur la dynamo en question (faute de l'électricien qui ne surveille pas généralement) *tous* les disjoncteurs sautent : celui de l'intéressée à *retour de courant*, recevant sur le court-circuit le courant fourni par les autres machines ; ceux des autres génératrices à *maximum* débitant sur l'arc court-circuit ; ceux des lignes également à maximum, mais *courant en retour*, fourni par tous les moteurs qui, par la force vive acquise, ne recevant plus de courant, passent instantanément en *génératrices* sur le court-circuit. (Ce dernier fait se remarque encore lors d'un court-circuit sur un moteur faisant partie d'un groupe à l'extrémité d'une ligne : les fusibles de ses voisins rapprochés peuvent sauter aussi, les moteurs débitant en génératrices sur le court-circuit de leur collègue).

Sur un moteur de traction, l'arc se produit également si, pour le freiner, on ferme brusquement son circuit sur une résistance trop faible : grosse intensité, crachement, arc, etc....

Ces arcs sont le plus souvent fort destructifs : balais et porte-balais abîmés, collecteur détérioré....

Comment remédier à cela? D'abord par la surveillance de la machine délicate, par des résistances plus élevées pour des moteurs de traction, des disjoncteurs sensibles. On peut également limiter les effets de l'arc au moyen de pare-étincelles fixés sur le collecteur, feuilles d'amiante derrière les tourillons porte-balais, contre la masse, peinture isolante et incombustible sur la masse.... Mais on n'arrive généralement pas à empêcher totalement ces arcs sur une ancienne machine sans une transformation plus importante : pôles de commutation, enroulement d'induit plus fractionné, imbriqué au lieu de ondulé, bobinage équipotentiel...

FORNARO.

Chronique. -- Informations.

++++++++++++++++++

Réintégration du personnel,

OUVRIERS ET EMPLOYÉS, DANS LES ÉTABLISSEMENTS RECONSTITUÉS

L'article 55 de la loi du 17 avril 1919, sur la réparation des dommages de guerre, dispose que « l'industriel ou le commerçant qui aura reconstitué totalement ou partiellement son établissement dans les conditions prévues au titre II de la présente loi sera tenu, quinze jours avant la remise en marche de l'établissement, d'en donner avis au ministre du travail, qui lui délivrera récépissé et prendra toutes dispositions utiles pour porter cet avis à la connaissance des ouvriers ou employés qu'occupait l'industriel ou le commerçant. Dans le mois qui suivra la déclaration, les ouvriers ou les employés pourront reprendre le travail dans l'ordre de l'inscription et dans la mesure des besoins de l'exploitation ».

La question s'est posée de savoir comment se déterminerait l'application de la disposition *ine fine* dudit article, — aux termes de laquelle les ouvriers peuvent reprendre le travail dans l'ordre de leur inscription, — dans le cas où l'industriel ou le commerçant sinistré ayant cédé l'indemnité qui lui a été attribuée, le remploi de ladite indemnité par le cessionnaire aurait été affecté à la reconstitution d'une industrie ou d'un commerce semblable à l'industrie ou au commerce précédemment existant.

Consulté sur cette question par le ministre des Régions libérées, le ministre du travail a fait connaître qu'il est conforme à l'esprit, sinon au texte de la loi du 17 avril 1919, que la personne qui opère le remploi, après cession de ses droits par le véritable intéressé, doit être tenue de l'obligation prévue à l'article 55 de la loi, pourvu, évidemment, que le commerce ou l'industrie ainsi reconstitué soit de même nature que ceux qui ont donné ouverture à l'indemnité.

C'est une solution analogue à celle qui a été admise, tout au moins par l'administration, en ce qui concerne l'application de la loi du 22 novembre 1918. L'administration estime que c'est le commerce ou l'industrie qui se trouve tenu de garantir aux mobilisés la reprise du contrat de travail, plutôt que le propriétaire du commerce ou le chef de l'industrie.

En ce qui concerne l'ordre dans lequel la réintégration se fera, il y a lieu de distinguer, semble-t-il, entre les ouvriers dont le contrat a été suspendu par la mobilisation et ceux dont le contrat a été suspendu par la destruction du commerce ou de l'usine.

Pour les premiers, il y aurait lieu d'appliquer l'article 5 de la loi du 22 novembre 1918, et de les réintégrer d'après leur rang d'ancienneté dans l'établissement; pour les seconds, il convient de se conformer aux dispositions de l'article 55 de la loi du 17 avril 1919 et de les admettre dans l'ordre de leur inscription.

En cas de conflit entre les deux catégories, il paraît conforme à l'intention du législateur de donner la préférence aux premiers sur les seconds, puisque pour les premiers on tient compte de l'ancienneté dans l'établissement, tandis que pour les seconds on se base sur un fait tout à fait accidentel, celui d'une inscription plus ou moins rapide.

Au sujet du même article de la loi du 17 avril 1919 il a été signalé qu'il serait bon que l'avis communiqué par le ministère du travail aux ouvriers et employés par la voie du *Journal officiel* et du *Bulletin des Régions libérées* précisât, d'après les données de l'industriel, le nombre des ouvriers susceptibles d'être embauchés dans la fraction de l'industrie ou du commerce reconstituée.

Certains industriels ou commerçants ont parfois communiqué des renseignements à cet égard au ministre du travail et il en a été fait état dans l'avis publié.

Encore qu'aucune disposition légale ou réglementaire ne prévoie l'obligation pour les industriels ou commerçants d'indiquer le nombre des employés et ouvriers susceptibles d'être employés dans les entreprises ou établissements qu'ils dirigent, le ministre du travail se propose d'inviter les inspecteurs du travail des régions intéressées à signaler l'intérêt que peut présenter la communication de ces renseignements à l'administration. Il semble également que les divers groupements, associations ou syndicats, pourraient utilement intervenir dans le même sens auprès des employeurs de leur ressort.

++++++++++

Relèvement de tarifs.

Par suite des nouvelles conditions de la vie économique, de nombreux changements doivent être apportés aux contrats, concessions ou cahiers des charges d'avant-guerre. Nous donnons ci-dessous le texte d'un avenant signé récemment entre le préfet des Alpes-Maritimes et la Compagnie des tramways électriques de la Côte-d'Azur (T. C. A.).

Art. 1er. — En vue de compenser les charges extracontractuelles actuellement supportées par la Compagnie T. C. A. du fait de la situation économique résultant de la guerre ainsi que les nouvelles charges qui résulteront des avantages et améliorations de salaires concédés à son personnel par l'article 2 ci-après, la Compagnie est autorisée à relever temporairement de 100 % les tarifs, frais, accessoires compris de son cahier des charges.

Art. 2. — Les employés et ouvriers attachés à l'exploitation du réseau concédé à la Compagnie des tamways électriques de la Côte-d'Azur bénéficieront, à partir de la date d'application des nouveaux tarifs :

1° Des dispositions de la loi du 23 avril 1919, sur la durée du travail journalier ; une commission paritaire déterminera les modalités d'application de cette loi au personnel roulant et des gares ;

2° D'une augmentation provisoire des salaires égale aux 25 % des traitements (salaires et indemnités de cherté de vie à la charge de la Compagnie) actuellement en vigueur.

3° D'une augmentation de 20 % des charges de famille ;

4° Du maintien des indemnités de cherté de vie actuellement payées par la Compagnie qui sont : 3 francs pour les agents de plus de dix-huit ans ; 1 franc pour les femmes et les agents de moins de dix-huit ans ;

5° En ce qui concerne les agents de service actif (personnel roulant et agents des gares assurant un service continu), de 52 journées de repos payées aux agents commissionnés au taux de la journée normale, indemnité de vie chère comprise, et aux agents non commissionnés au taux de l'indemnité de cherté de vie seulement.

Pour les autres agents (personnel des voies et ateliers

assurant un service discontinu), de 36 journées de repos payées aux agents commissionnés au taux de la journée normale, indemnité de vie chère comprise, et aux agents non commissionnés au taux de l'indemnité de cherté de vie seulement.

Art. 3. — Le produit du relèvement des tarifs prévu à l'article 1er sera porté chaque mois au crédit d'un compte spécial d'attente.

Ce produit sera égal à la moitié de la recette brute, impôts déduits.

Les dépenses à porter au débit dudit compte seront :

a) Pour le personnel : une somme égale à la différence entre les dépenses réelles totales et les dépenses correspondantes pendant la première année d'exploitation pour un personnel réduit de 20 % afin de tenir compte de l'application de la loi de huit heures.

b) Pour les fournitures de matières et matériaux nécessaires à l'entretien et à l'exploitation :

Une somme égale aux deux tiers des dépenses réelles effectuées.

c) Pour les dépenses générales : impôts, assurances, frais de bureau et de contrôle, frais divers :

Une somme égale à la moitié des dépenses réelles effectuées.

Si, à l'expiration du présent avenant, le solde du compte ainsi créé est créditeur, ce solde sera mis en réserve pour être affecté ultérieurement à des travaux de renouvellement et d'amélioration suivant décision préfectorale à intervenir sur la proposition de la Compagnie.

Si le solde est débiteur, il sera incorporé dans les dépenses d'exploitation à la charge de la Compagnie.

Les pièces justificatives ayant servi à l'établissement dudit compte seront mises à la disposition du service de contrôle.

Art. 5. — Les frais de contrôle à la charge de la Compagnie seront majorés de 75 % à compter du 1er juillet 1919 jusqu'à la date à laquelle le présent relèvement des tarifs cessera d'être appliqué.

++++++++++

Les Groupements de Techniciens

++

VERS LA FÉDÉRATION DES TECHNICIENS DE L'INDUSTRIE.

Sous les auspices de l'Union des Syndicats d'Ingénieurs, 13, avenue de la Grande-Armée, une conférence des plus intéressantes a été faite le 30 novembre à l'Hôtel des Ingénieurs Civils par M. Bigot, ingénieur A. et M., E. C. P. et E. S. E., vice-président du Syndicat des Ingénieurs Electriciens.

Le sujet : les Syndicats d'Ingénieurs, a été traité de façon magistrale par le conférencier qui a montré quel était le but et le programme de ces groupements de techniciens et plus spécialement de l'Union des Syndicats d'Ingénieurs constituée par la réunion des trois syndicats d'Ingénieurs Chimistes, Electriciens et Mécaniciens.

Ces derniers groupements, dont la création remonte à la fin de l'année 1918, ont envisagé dès cette époque la constitution de la Fédération des Techniciens et à ce titre peuvent revendiquer la paternité de cette idée reprise depuis peu de temps et sous une autre forme par les fondateurs de l'U. S. T. I. C. A. (Union des Syndicats des Techniciens de l'Industrie, du Commerce et de l'Agriculture, constituée légalement en novembre 1919).

Il est indiscutable que la méthode préconisée par l'Union des Syndicats d'Ingénieurs ne peut donner que les meilleurs résultats : tous les techniciens étant répartis dans leurs syndicats respectifs et par spécialité pourront étudier avec plus de précision les diverses questions touchant leur profession, la Fédération intervenant ensuite pour coordonner les efforts de tous les Syndicats adhérents.

En procédant du simple au composé, les Syndicats d'Ingénieurs ont trouvé la formule exacte qui doit permettre de défendre au mieux les intérêts des techniciens.

Cette même formule va leur servir à constituer la Fédération des Techniciens de l'Industrie.

++++++++

Les enquêtes de " l'Électricien ".

++

L'industrie électrique aura-t-elle une exposition permanente ou un Salon annuel ?

*L'*Electricien *a déjà posé à ses lecteurs la question de la création d'un Salon annuel de l'Electricité* (1). *Nous demandons à tous les intéressés, constructeurs et commerçants, de vouloir bien nous donner leur opinion sur l'opportunité et les modalités d'un tel projet.*

Au moment où s'agite l'idée de l'opportunité d'une exposition de l'industrie électrique, nous rappelons que le Conseil municipal de Paris s'est montré récemment favorable à une proposition de M. Delavenne, relative à la création à Paris d'un marché mondial d'achats et de ventes. Cette commission est patronnée par le Comité pour l'expansion de l'industrie, du commerce et des arts en France et à l'étranger. Elle réaliserait à Paris un centre de transactions, analogue à un organisme similaire existant à New-York, et qui met à la disposition des producteurs deux mille magasins d'exposition, d'achats et de ventes groupés dans le même établissement.

D'autre part, il existe déjà des expositions annuelles d'électricité, correspondant à nos « Salons ». Mais c'est en Amérique également qu'ils ont lieu ; l'exposition électrique de New-York a eu lieu avec un grand succès, affirme *Electrical Review*, dans le grand Central Palace, du 24 septembre au 4 octobre 1919. Beaucoup d'exposants déclarent y avoir réalisé un bien plus grand nombre de ventes que dans la même période ordinaire. Une autre exposition non moins importante s'est tenue du 11 au 25 octobre au Coliseum de Chicago. Le clou de cette dernière était une pagode chinoise de 18 mètres de hauteur illuminée au moyen de 18.000 lampes « joyaux » de couleur. Plus d'une centaine de constructeurs, dans toutes les branches de l'industrie électrique, exposèrent à ce Salon des lumières. Enfin une « Electrical Show » est en préparation pour février 1920, à Cleveland (Ohio).

L.-D. Fourcault.

(1) Voir *Electricien* du 15 novembre 1919, page 216.

Inventions. — Appareils et procédés nouveaux

MANIPULATION D'APPAREILS A DISTANCE A L'AIDE D'ONDES DE T. S. F.

Ce dispositif permet de commander à distance un appareil ou un mécanisme quelconque, de telle façon qu'une émission d'ondes d'un poste, même très éloigné, lui fasse prendre une position déterminée qu'il perd lorsque l'on cesse la production des ondes.

La partie mobile de l'appareil représentée en V (fig. 1) est entraînée dans un sens ou dans l'autre au moyen de bielles articulées BB' par le piston P. Celui-ci est actionné par de l'air comprimé admis dans le cylindre de la valve V. Cette valve peut prendre deux positions correspondantes aux deux sens de marche du piston et est commandée par les aimants 1 et 2 dont les enroulements sont connectés aux contacts disposés sur les faces opposées de l'armature 8 du relai 6.

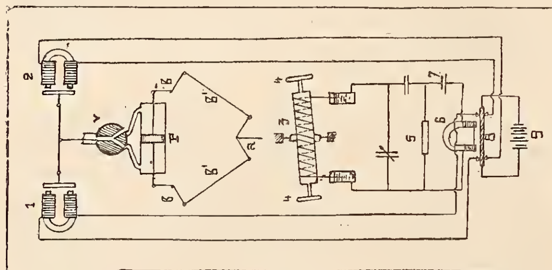


Fig. 1.

Le récepteur d'ondes affecte la forme d'une bobine enroulée de spires conductrices 3 et montée sur un pivot horizontal ; elle porte en outre à chaque extrémité un petit gyroscope 4 destiné à la maintenir dans la position plus ou moins inclinée qu'on lui fait prendre.

L'antenne de transmission est placée perpendiculairement à l'axe de cette bobine.

Un cohéreur 5 est intercalé dans le circuit du récepteur et de la batterie 7 au travers du relai 6.

Lorsqu'aucune onde n'est émise, l'armature 8 est au repos comme sur la figure et l'aimant 2 est alimenté par la batterie 9 et A prend la direction indiquée par la flèche.

Lorsque l'antenne réceptrice reçoit une onde, le relais 6 est mis en série avec la batterie 7 par l'oscillation de la bobine, l'armature 8 est soulevée, déconnecte l'aimant 2 de cette batterie et ferme le circuit du relais 1, la valve tourne et le piston agit sur A.

C. M. (Br. Angl. n° 76.89.)

SOLUTIONS COLLOIDALES POUR BATTERIES DE PILES SÈCHES

On ajoute à la substance dépolarisante des piles sèches : graphite ou pyrolusite, une solution colloïdale d'un oxyde d'un métal susceptible de plusieurs degrés d'oxydation, tel que le manganèse ou le fer. La solution colloïdale d'un oxyde de manganèse peut se préparer en additionnant d'alcool une solution contenant un gramme de formiate de manganèse, dix grammes de gomme arabique et 0,4 gr. de carbonate de sodium cristallisé. Le précipité est filtré, lavé à l'alcool et dissous dans l'eau. Le récipient de la pile peut constituer soit l'électrode positive soit l'électrode négative. (Br. angl. 132.480-18643/19) M. J. R.

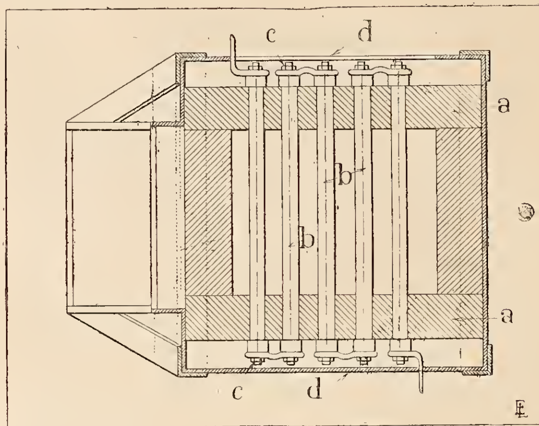


Fig. 2.

FOURS ÉLECTRIQUES A TUBES DE QUARTZ

La substance à traiter est chauffée par la chaleur rayonnante provenant (fig. 2) de baguettes de charbon contenues dans des tubes de quartz *b* placées au dessus de la substance et qui traversent les parois *a* du four comme l'indique la figure. On envoie un courant d'azote dans les tubes quand le four est en marche et les prises de courant et connections *c* situées aux extrémités des tubes sont refroidies par un courant d'air qui circule entre les parois *a* et une plaque métallique perforée. On peut remplacer les baguettes de charbon par des baguettes de tantale ou de tungstène.

(Br. angl. 132-232-18004) M. J. R.

NOUVELLES LAMPES A VIDE

Les laboratoires Pintsch viennent d'établir un modèle de lampes électriques de 10 bougies ou moins, d'une consommation de 1 à 5 watts, susceptibles d'être alimentées par du courant à 220 volts. L'ampoule et le culot sont du type usuel, mais la lampe est remplie par un mélange de néon et d'hélium sous une pression de 8 à 10 millimètres. Elle renferme en outre une cathode relativement grande et une anode placée à une distance telle que sous une différence de potentiel de 190 volts une décharge lumineuse jaillit dans l'ampoule entre les deux électrodes. Une résistance montée en série et dissimulée dans le culot absorbe la portion de l'énergie électrique fournie à la lampe et non absorbée dans la décharge.

L'addition d'une faible proportion de vapeur de mercure au mélange gazeux contenu dans l'ampoule permet de modifier la teinte de la décharge lumineuse qui, jaillissant dans le mélange de néon et d'hélium seuls, donne, suivant les proportions, toute la gamme des teintes de l'orangé au rouge vif.

(D'après *Technical Review*). M. J. R.

L'ÉCOLE DE L'ÉLECTRICIEN

Enseignement pratique de l'électricité industrielle.

Nous rappelons que dans le but d'intéresser d'une façon particulière les lecteurs de cet enseignement à un travail suivi, qui puisse leur être réellement profitable, nous avons ouvert (1) entre eux un **CONCOURS**, *doté des* **PRIX** *suivants*

1er Prix. — **200** francs de livres à choisir dans le catalogue de la librairie Dunod.
2e Prix. — **100** francs de livres — — —
3e Prix. — **50** francs de livres — — —
Du 4e au 10e prix, chacun **25** francs de livres — —

Des **MENTIONS** seront en outre délivrées à tous les participants dont les envois auront obtenu une moyenne au moins égale à la note 14.

Les *Réponses aux problèmes* proposés aux lecteurs forment le sujet de ce concours. Chaque abonné pourra envoyer *une* solution pour chacun des problèmes proposés dans un numéro de l'*Electricien*. Les solutions de chaque série devront être mises à la poste au plus tard *un mois* après la date du numéro dans lequel les problèmes auront paru.

Sommaire : *Les résistances et leur montage. — Montage en série ; démonstration par le calcul des résultats obtenus. — Montage en parallèle ; démonstration. — Exercices et problèmes proposés aux lecteurs. — Solutions des problèmes de la première leçon.*

14. — Résistances.

Montage en série. — Lorsqu'on dispose de plusieurs résistances séparées, nous savons qu'il est souvent utile, en pratique, de les associer convenablement pour un résultat déterminé.

On peut adapter, comme nous savons, le montage en *série* et le montage en *parallèle* ; il y a encore le montage mixte, combinaison des deux premiers.

Dans le montage en série, les résistances sont montées les unes à la suite des autres, de façon que le courant les parcoure successivement les unes après les autres ; c'est le cas de la figure 12, où les résistances r_1, r_2 r_3 sont successivement parcourues de A en C, par exemple, par le courant.

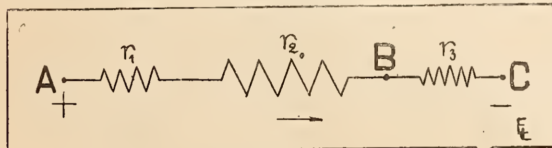


Fig. 12.

Bien que cela se démontre facilement comme ci-dessous, à l'aide de la loi d'Ohm, il est aisé de comprendre, sans démonstration, que la résistance R résultant du montage en série ainsi réalisé est égale à la somme des trois résistances partielles r_1, r_2 et r_3. On peut donc écrire :

$$R = r_1 + r_2 + r_3 \qquad (25)$$

Pour satisfaire les lecteurs qui nous demandent plus de précision, voici la démonstration simple de cette propriété importante du couplage en série :

Appelons V_a (fig. 13), le potentiel en A, V le potentiel en B et V_c le potentiel en C, r_1 et r_2 étant deux résistances en série. Appelons I le courant parcourant les deux résistances ; enfin, supposons $V_a > V > V_b$.

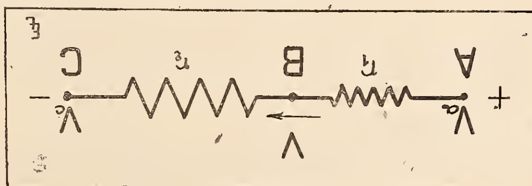


Fig. 13.

La loi d'Ohm entre A et B donne :

$$V_a - V = r_1 \, I,$$

entre B et C
$$V - V_c = r_2 \, I,$$

d'où
$$V_a - V_c = I\,(r_1 + r_2),$$

c'est-à-dire
$$I = \frac{V_a - V_c}{r_1 + r_2}.$$

Mais si R est la résistance totale entre A et C, on a aussi :

$$I = \frac{V_a - V_c}{R},$$

c'est-à-dire
$$\frac{V_a - V_c}{R} = \frac{V_a - V_c}{r_1 + r_2} \quad (\alpha)$$

ou
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r_1 + r_2} \quad (\beta), \text{ d'où :}$$

$$R = r_1 + r_2,$$

qu'on pouvait déduire directement de (α).

On ferait la même démonstration pour un nombre quelconque de résistances.

(1) Voir *Electricien* du 30 novembre 1919 et suivants.

Montage en parallèle. — Dans le montage en parallèle, les extrémités des résistances r_1, r_2, r_3

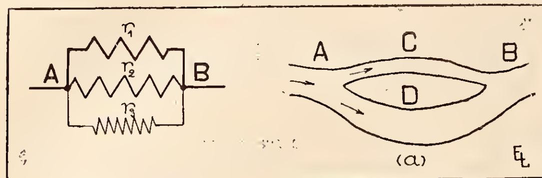


Fig. 14. Fig. 15.

viennent toutes aboutir aux deux points A et B (fig. 14) de façon à relier ces points par l'intermédiaire des résistances. Comme on le voit, ce montage tire son nom de la disposition parallèle des résistances.

Pour comprendre comment se comporte le courant dans ce dispositif, ayons recours à un exemple tiré de l'hydraulique.

Supposons (fig. 15) un tuyau se bifurquant, en deux points A et B, suivant deux tuyaux C et D de section moindre, la section de C étant elle-même moindre que celle de D. L'eau arrivant en A se divise suivant les deux tuyaux C et D et la quantité totale d'eau qui s'écoule à la fois dans C et D est constamment égale à celle qui arrive en A, avant la bifurcation. Le tuyau C étant de section inférieure à celle de D, offrira au passage de l'eau la plus grande résistance, c'est-à-dire que son débit sera inférieur à celui du tuyau D. Il en sera à plus forte raison de même si la longueur de C est plus grande.

C'est ce qui se passe identiquement en électricité, dans le cas des conducteurs (fig. 16).

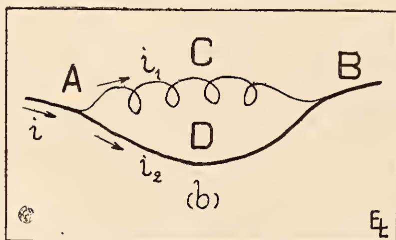


Fig. 16.

Le courant arrivant en A suivant la flèche se divise suivant les deux conducteurs C et D. L'intensité du courant passant dans les conducteurs C et D sera à tout instant égale à l'intensité totale en A. De telle sorte que si I est le courant arrivant en A, et i_1 et i_2 les courants dans les conducteurs C et D, on a :

$$I = i_1 + i_2$$

S'il y avait trois conducteurs dans lesquels passeraient respectivement les trois courants i_1, i_2, i_3, on aurait évidemment :

$$I = i_1 + i_2 + i_3 \qquad (26)$$

Il en serait de même pour un nombre quelconque de conducteurs dérivés entre les points A et B considérés.

Le conducteur le plus résistant, ici C, laissera passer le plus faible courant, parce que, d'après la loi d'Ohm :

$$I = \frac{V}{R},$$

si V est la tension entre les points A et B, l'intensité du courant dans chaque conducteur est en raison inverse de sa résistance.

Dans la pratique, le conducteur C (fig. 16) reliant les deux points A et B est appelé *dérivation* ou *shunt*.

Selon la résistance de cette dérivation ou shunt, le courant y aura une valeur plus ou moins grande, comme nous venons de le dire.

Arrivons à présent à la question de la résistance équivalente à l'ensemble de résistances groupées en parallèle.

Revenons, pour cela, au système des trois résistances r_1, r_2, r_3 (fig. 14) groupées en parallèle. La valeur de la résistance R équivalente à l'ensemble ainsi groupé est donnée par la formule :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} \qquad (27)$$

Pour les lecteurs que cette question intéresse, nous donnons la démonstration simplifiée suivante :

D'après la figure 14, on a, en appliquant la loi d'Ohm et en considérant les trois courants i_1, i_2 et i_3, respectivement dans les résistances r_1, r_2 et r_3 entre A et B

$$i'_1 = \frac{V}{r_1},$$

$$i'_2 = \frac{V}{r_2},$$

et $$i_3 = \frac{V}{r_3}.$$

D'autre part, nous avons vu, relation (26) que

$$I = i_1 + i_2 + i_3$$

donc $$I = \frac{V}{r_1} + \frac{V}{r_2} + \frac{V}{r_3},$$

c'est-à-dire $$I = V\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r} + \frac{1}{r_3}\right),$$

d'où $$\frac{I}{V} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}$$

Mais R étant la résistance équivalente, on a aussi

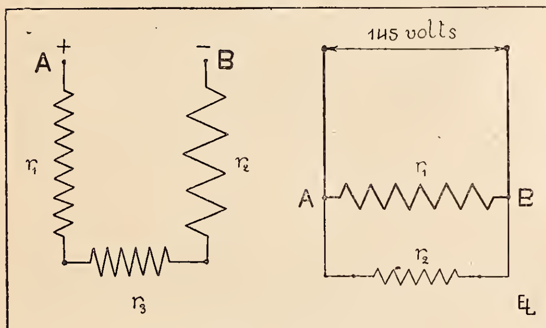
$$\frac{I}{V} + \frac{1}{R},$$

donc
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}.$$

Comparer avec la relation (β) dans le montage en série.

Exercices.

Pour comprendre ce qui précède, voyons quelques applications numériques :



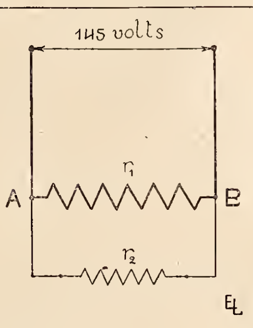


Fig. 17. Fig. 18.

Exercice 1. — *Trois résistanees (fig. 17) r_1, r_2 et r_3 en fil de maillechort de résistivité 0,292 ont comme longueurs respectives 6 mètres, 10 mètres et 16 mètres, et pour sections correspondantes 4 millimètres carrés, 6 millimètres carrés et 8 millimètres carrés.*

Ces trois résistances sont montées en série et intercalées entre deux points A et B d'un circuit entre lesquels la tension est de 30 volts.

Déterminer : 1° La résistance totale intercalée entre les deux poinls A et B. 2° L'intensité du courant qui passe dans l'ensemble des résistances. 3° La densité du courant dans chacune d'elles.

Solution.

1° Evidemment, il faut d'abord calculer la valeur de chacune des résistances, d'après la formule connue (17).

On a pour r_1
$$r_1 = a\frac{l}{S} = 0{,}292 \times \frac{6}{4} = 0{,}438 \text{ ohm}$$

pour r_2
$$r_2 = 0{,}292 \times \frac{10}{6} = 0{,}487 \text{ ohm}$$

pour r_3
$$r_3 = 0{,}292 \times \frac{16}{8} = 0{,}584 \text{ ohm.}$$

La résistance R de l'ensemble est alors, d'après la formule (25),
$$R = r_1 + r_2 + r_3$$
$$R = 0{,}438 + 0{,}487 + 0{,}584 = 1 \text{ ohm } 509$$

soit 1 ohm 51.

2° L'intensité du courant est donnée, comme nous le savons, par la loi d'ohm $I = \frac{E}{R}$.

On aura donc
$$I = \frac{30}{1{,}51} = 20 \text{ ampères environ.}$$

3° La densité du courant dans la résistance r_1 est, d'après ce que nous avons déjà vu (formule 16)
$$\frac{I}{S} = \frac{20}{4} = 5 \text{ ampères.}$$

La densité dans r_2 est
$$\frac{20}{6} = 3 \text{ ampères, } 3$$

et dans r_3
$$\frac{20}{8} = 2 \text{ ampères, 5 seulement.}$$

D'après ces résultats, nous remarquons que, dans le montage en série, l'intensité du courant conserve la même valeur dans tout le circuit des résistances, mais la densité du courant est différente dans chacune d'elles.

Exercice 2. — *Deux résistances r_1 et r_2 (fig. 18) aboutissent à deux points A et B entre lesquels existe une tension de 150 volts. La première résistance a pour valeur $r_1 = 10$ ohms, et la deuxième $r_2 = 6$ ohms.*

On demande : 1° L'intensité du courant dans le circuit combiné. 2° L'intensité du courant dans chaque résistance.

Solution.

1° Ici, nous avons deux résistances montées en parallèle entre A et B. Nous avons vu, formule (27) que la valeur de la résistance équivalente est
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}$$

Nous avons donc ici
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{10} + \frac{1}{6},$$

c'est-à-dire
$$\frac{1}{r} = \frac{16}{60}$$

La valeur de R est donc de
$$\frac{60}{16} = 3 \text{ ohms, } 75.$$

L'intensité du courant circulant dans l'ensemble des résistances est alors, comme nous le savons, de

$$I = \frac{150}{3,75} = 40 \text{ ampères.}$$

2° Nous obtiendrons, de la même manière, le courant dans chacune des résistances

Dans r_1, le courant est

$$I_1 = \frac{150}{10} = 15 \text{ ampères.}$$

dans r_2, il est

$$I_2 = \frac{150}{6} = 25 \text{ ampères.}$$

On peut traiter le problème de façon inverse :

Intensité du courant dans la résistance r_1 :

$$I_1 = \frac{150}{10} = 15 \text{ ampères.}$$

Intensité du courant dans la résistance r_2 :

$$I_2 = \frac{150}{6} = 25 \text{ ampères.}$$

D'après la formule (26) : $I = i_1 + i_2$, l'intensité totale du courant débité dans les résistances est alors de : $I = 15 + 25 = 40$ ampères.

La résistance combinée a alors pour valeur

$$R = \frac{150}{40} = 3 \text{ ohms } 75,$$

comme nous l'avons bien obtenu de façon différente.

Exercice 3. — *Une canalisation de un ohm de résistance alimente, à la tension de 130 volts, une lampe à incandescence L de résistance 64 ohms (fig. 19 a).*

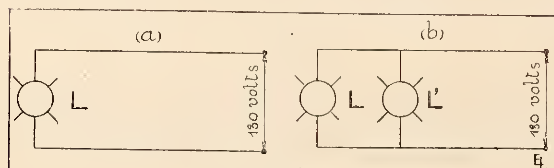


Fig. 19.

On branche une nouvelle lampe L' prenant 5 ampères (fig. 19 b).

On demande : 1° La tension aux bornes de la lampe L dans le 1er cas et 2° la tension aux bornes de la même lampe dans le 2e cas et le courant total dans la canalisation.

Solution.

1° Il nous faut calculer d'abord le courant dans la canalisation comportant une seule lampe L (fig. *a*).

Or, la résistance que traverse le courant comprend la résistance de la ligne, qui est de 1 ohm, et celle de la lampe, qui est de 64 ohms. Naturellement, ces deux résistances sont en série et s'ajoutent ; la résistance totale offerte au courant est donc de 65 ohms. Le courant sera dès lors de :

$$\frac{130}{65} = 2 \text{ ampères,}$$

produisant dans la canalisation une chute de tension de :

$$1 \times 2 = 2 \text{ volts.}$$

La tension aux bornes de la lampe sera abaissée à :

$$130 - 2 = 128 \text{ volts.}$$

2° Dans le deuxième cas, une nouvelle lampe, c'est-à-dire une nouvelle résistance, étant branchée en parallèle avec la première, le courant total est simplement la somme des courants fournis aux lampes, comme nous l'indique la formule (26) :

$$I = i_1 + i_2$$

Ce courant total a pour volume :

$$2 + 5 = 7 \text{ ampères.}$$

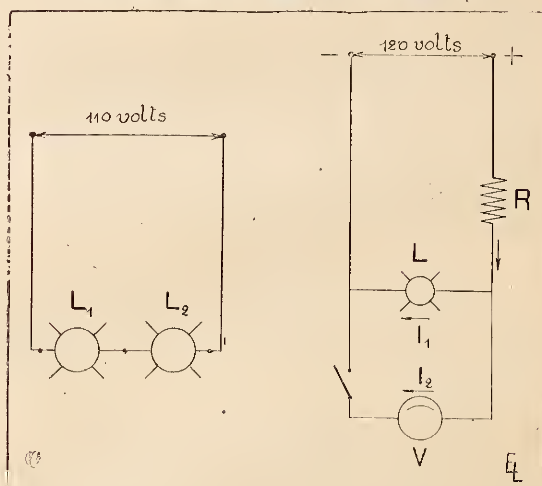
La chute de tension produite dans la canalisation sera, comme précédemment,

$$1 \times 7 = 7 \text{ volts.}$$

De sorte que la lampe L, comme la lampe L', ne fonctionnerait plus que sous la tension :

$$130 - 7 = 123 \text{ volts.}$$

Problèmes proposés aux lecteurs.



Fih. 20. Fig. 21.

Problème 17. — Deux lampes à incandescence L_1 et L_2, fonctionnant chacune sous 110 volts, sont montées en série sur un réseau à 110 volts (fig. 20).

La résistance de la lampe L_1 est de 352 ohms, la résistance de la lampe L_2 est de 623 ohms. Calculez :

1° Le courant dans le circuit des deux lampes ;

2° le voltage aux bornes de chacune des lampes.

Problème 18. — Un circuit, entre les extrémités duquel est appliquée une tension de 120 volts, comprend (fig. 21) : une résistance R de 180 ohms, une lampe à filament métallique L de résistance 300 ohms et un voltmètre qu'on peut retirer à volonté du circuit à l'aide d'un interrupteur ; ce voltmètre, d'une résistance de 600 ohms, sert à indiquer le voltage aux bornes de la lampe.

On constate, chaque fois que le voltmètre est mis en circuit ou hors circuit, une variation d'éclat de la lampe. On demande :

1° La tension aux bornes de la lampe ;

2° La tension aux bornes de la lampe, tension relevée à l'aide du voltmètre ;

3° Les intensités des courants dans la lampe et dans le voltmètre, dans ce dernier cas.

Solution des problèmes proposés aux lecteurs.

Problème 1. — Calculons la puissance de la chute à son entrée dans la turbine. Pour cela, il faut tenir compte du rendement de cette turbine. Ici, en effet, la formule de rendement $\rho = \frac{Pu}{Pt}$ donne :

$\frac{380}{Pt} = 0,8$, c'est-à-dire $Pt = \frac{380}{0,8} = 475$ chevaux.

L'eau tombant de la hauteur L à déterminer, agit comme un poids tombant de cette hauteur. Comme il s'agit de la puissance, il faut calculer quel poids par seconde tombe de la hauteur L, c'est-à-dire le débit en litres par seconde. C'est :

$$\frac{5.400.000}{3.600} = 1.500 \text{ litres.}$$

représentant un poids Q = 1.500 kgs.

La formule (2) $P = \frac{QL}{75}$ nous donnera donc :

$$475 = \frac{1500 \times L}{75}$$

c'est-à-dire $L = \frac{475 \times 75}{1.500} = 23$ mètres 75, hauteur de chute cherchée.

Problème 2. — Pour obtenir le travail dans le cas présent, il faut nous reporter à la formule (4) de l'alinéa travail et puissance. C'est $T = F \cos \alpha \times L$. Ici F = 56 kgs, $\alpha = 28°$ et L = 50 mètres. Pour obtenir la valeur de cos 28°, il faut se reporter aux tables des lignes trigonométriques. On trouve cos 28° = 0,833.

Le travail fourni sur le parcours de 150 mètres est alors :

T = 56 × 0,833 × 150 = 7.417,2 kilogrammètres.

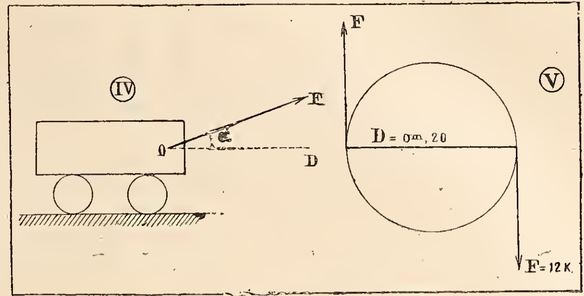


Fig. 22.

Problème 3. — Ainsi que nous l'avons vu, la puissance étant le travail effectué à la seconde, il faut calculer la durée du travail, autrement dit la durée du travail correspondant à ce parcours.

Ce temps ou durée est de $\frac{150}{4} = 37,5$ secondes.

La formule (2) du problème précédent, $P = \frac{QL}{75}$, permet de calculer la puissance cherchée. Ce sera donc :

$$P = \frac{7.417,2}{75 \times 37,5} = 2 \text{ chevaux } 6, \text{ environ.}$$

Problème 4. — 1° Comme nous l'avons déjà vu, il s'agit ici d'un couple FF dont le bras de levier D est de 0m,20 (voir travail d'un couple). Le calcul de la puissance en chevaux est exprimé par la formule (8 *bis*), c'est :

$$P = \frac{2\pi \times l\,F\,n}{60 \times 75}$$

Comme l'on nous demande le nombre de tours par minute, nous obtenons immédiatement, d'après la formule précédente :

$$n = \frac{60 \times 75 \times P}{2\pi \times l\,F}$$

En appliquant cette formule aux données : P = 5 chevaux, $l = 0^m,20$ et F = 12 kgs, nous obtenons :

$$n = \frac{5 \times 60 \times 75}{2 \times 3,14 \times 0,20 \times 12} = 1.500 \text{ tours}$$

par minute, environ.

2° Rappelons que la vitesse à la jante est donnée par la formule : $v = \frac{2\pi\,r\,n}{60}$, r étant le rayon et n le nombre de tours par minute de la poulie. On a donc :

$$v = \frac{2\pi \times 0,10 \times 1.500}{60} = 15^m,70.$$

3° Ainsi que nous l'avons vu précédemment

à la question du travail d'un couple, ce dernier se calcule à l'aide de la formule $C = l F$. Il suffira donc d'écrire, en remarquant que $l = 0^{m},20$ et $F = 12$ kgs.

$C = 12 \times 0,20$, c'est-à-dire $F = 2,4$ kilogrammètres, valeur du couple.

Problème 5. — En nous reportant au problème 4 des exercices précédents, nous voyons qu'on évalue la puissance, dans le cas présent, à l'aide de l'expression : $P = \frac{2\pi\ Q\ l\ n}{60 \times 75}$.

Ici, la charge Q est remplacée par un peson P sur lequel tire le bras du frein. Le résultat est évidemment le même. Il suffira donc de remplacer, dans la formule ci-dessus, Q par la valeur indiquée par le peson.

Le nombre de tours déduit de cette formule est :

$$n = \frac{P \times 60 \times 75}{2\pi \times Q\ l}.$$

Avec les données P = 15 chevaux, Q = 20 kgs, $l = 0^{m},60$, on obtient :

$$n = \frac{15 \times 60 \times 75}{2\pi \times 20 \times 0,60} = 895 \text{ tours.}$$

R. Sivoine,
ingénieur E. T. P.

NOTRE CONCOURS

L'abondance des matières nous oblige à remettre au prochain numéro la suite des solutions des problèmes de la première leçon. Nous donnerons également la composition du Jury chargé du classement des solutions, qui nous arrivent toujours en grand nombre.

TRIBUNE DES ABONNÉS

QUESTIONS

N° 53. — Quelle maison pourrait s'occuper de construire des petits transformateurs jusqu'à 150 watts environ, de construction essentiellement économique, et d'appareils économiques pour l'éclairage ?

N° 54. — Vous serait-il possible de nous indiquer où nous aurions des chances de trouver d'occasion :

Des compteurs électriques de 1 à 30 ampères 110 et 220 volts courant continu.

Nous aimerions des ampères-heures mètres, genre O K Sud-Finistère Electrique — Venelle du Duc — Quimper.

N° 55. — Un lecteur de l'*Electricien* possédant le n° 1237, épuisé, voudrait-il me le céder ? Je serais heureux également de savoir si je pourrais me procurer les ouvrages suivants et à quelles conditions :

1° P. Janet, *Electrotechnique*, tomes I et II;

2° Barbillon. *Cours municipal d'Electricité industrielle*, tomes II et III;

3° H. Chevallier, *Cours pratique d'Electricité industrielle*, tomes I et II.

Vaslot,
lieutenant de vaisseau, à bord du *Condé*, à Brest.

RÉPONSES

N° 33. — Dans les lampes à vapeur de mercure, il n'y a de délicat que l'amorçage qui est obtenu par des procédés variés suivant les modèles de lampes soit par une surtension, soit par un court-circuit.

Il est toujours facile de provoquer l'amorçage en basculant à la main le tube à mercure ou en faisant passer dans la lampe un courant secondaire à haute tension.

L'abonné devrait indiquer la marque de ses lampes de quartz ou le système (Bastian, Heraens, Kromayer, etc.).

V. l'ouvrage de M. Escard : *Les lampes électriques, à arc, à incandescence et à luminescence* (Dunod, éditeur).

N° 36. — Les calories fournies par une résistance chauffante sont données par les formules : $0,24\ R\ I^2 t$ ou $0,24\ E\ I\ t$ dans lesquelles R = résistance en ohms ; I, intensité en ampères ; t température en secondes ; E = volts aux bornes ; 0,24 coefficient de transformation en calories.

Le nombre de calories à obtenir dans le temps t dépend du volume de liquide à chauffer, de la température à obtenir ; on fixe en conséquence I.

Cette valeur déterminée on trouve R par $R = \frac{E}{I}$

Il faut alors déterminer la longueur et le diamètre du fil à employer pour la valeur R trouvée. Cela dépend de la nature du métal utilisé (maillechort, ferro-nickel...) et de la densité de courant possible sans le détruire. Cette densité dépendra elle-même du refroidissement plus ou moins énergique du métal pendant le chauffage et du temps pendant lequel la résistance restera en circuit.

De plus, il faudra tenir compte du rendement de l'appareil qui ne transmettra pas intégralement les calories produites.

Exemple. — Pour élever de 20° à 100° en 15 minutes, la température de 500 grammes d'eau, il faut :

$$Q = 0,24\ E\ I\ T$$

$$Q = 500 \times (100 - 20) = 40.000 \text{ calories-grammes.}$$

$$E = 110 \text{ volts.}$$

$$I = \frac{40.000}{0,24 \times 110 \times 15 \times 60} = 1 \text{ A., } 68.$$

$$\text{D'où } R = \frac{110}{1.68} = 65\Omega,5.$$

Si j'admets une densité de 15 ampères par $^{mm^2}$, mon fil aura une section de :

$$\frac{1,68}{15} = 0^{mm^2}\ 112.$$

Si la résistance spécifique du métal employée, ou résistance de 1 mètres de longueur sur 1^{mm^2} de section est de 0,43, il en faudra :

$$R = \frac{\alpha\ l}{s} ; \text{ d'où } l = \frac{R\ s}{\alpha};$$

$$\text{soit } \frac{65,5 \times 0,112}{0,43} = 17 \text{ mètres.}$$

Ferraro.

Le Gérant : L. De Soye.

L'ÉLECTRICIEN

Revue Internationale de l'Électricité & de ses applications

PARAISSANT LE 1er ET LE 15 DE CHAQUE MOIS

Rédacteur en Chef : Maurice SOUBRIER

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

PROFESSEUR ADJOINT D'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

SOMMAIRE

L'électrification des chemins de fer.

SOUS-STATIONS A 100.000 VOLTS ET GROUPES TRANSFORMATEURS DU CHICAGO-MILVAUKEE RAILWAY

Dans un précédent article (1), *l'auteur a donné les caractéristiques générales de l'électrification à 3.000 volts, courant continu de cette ligne américaine, sur 1.400 kilomètres de longueur. Il décrit ici les sous-stations d'alimentation, en une étude critique extrêmement intéressante.*

SOUS-STATIONS D'ALIMENTATION.

Les sous-stations constituent le point délicat et coûteux du système à courant continu haute tension; leur nombre a été réduit au minimum, et il a été jugé préférable d'augmenter le poids de cuivre des feeders, en vue d'obtenir ce résultat remarquable : 14 sous-stations seulement pour 710 km de longueur électrifiée, ce qui représente un espacement moyen de 50 km environ.

Les transformateurs reçoivent le courant à 100.000 volts triphasés, 60 périodes et le délivrent à 2.300 volts à des moteurs synchrones. Chaque moteur synchrone entraîne deux génératrices à courant continu 1.500 volts connectées d'une façon permanente en série et fournissant le courant à 3.000 volts pour les locomotives.

Dans chaque sous-station, l'un des groupes et l'un des transformateurs sont considérés comme réserve. La puissance disponible en ligne est donc de 33.000 kw pour les moteurs générateurs et de 41.400 K V A pour les transformateurs. En réalité, elle est beaucoup plus élevée parce que les groupes, comme nous l'expliquerons plus loin, sont prévus pour supporter des surcharges considérables.

Sur la ligne Othello-Seattle-Tocoma, les sous-stations, au nombre de huit sont équipées : cinq avec 3 groupes de 2.000 kw, trois avec 2 groupes de 2.000 kw; elles sont établies pour assurer la marche d'un train de 3.000 tonnes dans chaque sens, sauf sur la section de 29 km, qui présente une rampe de 22 m/m, vers l'ouest, et sur laquelle le tonnage des trains est réduit à 2.000 tonnes.

Chaque sous-station est logée dans un bâtiment divisé en deux parties, comme le montrent les figures 1 et 2. L'une contient les groupes moteurs-générateurs et l'appareillage basse tension, l'autre les transformateurs statiques, l'appareillage et le câblage à haute tension, les appareils de sectionnement.

Le tableau suivant donne la composition des 14 sous-stations :

(1) Voir *Électricien* du 15 janvier.

SOUS-STATIONS	DISTANCE EN KM à partir d'Avery.	NOMBRE D'UNITÉS	PUISSANCE UNITAIRE des groupes moteurs-générateurs.	CAPACITÉ TOTALE de la sous-station.	PUISSANCE UNITAIRE des transformateurs.	PUISSANCE TOTALE des transformateurs par sous-station.
			kw	kw	kwa	kwa
Two Dot	683	2	2.000	4.000	2.500	5.000
Summit	630	2	2.000	4.000	2.500	5.000
Josephine	581	2	2.000	4.000	2.500	5.000
Eustis	533	2	2.000	4.000	2.500	5.000
Piedmout	465	3	1.500	4.500	1.900	5.700
Janney	432	3	1.500	4.500	1.900	5.700
Morel	367	2	2.000	4.000	2.500	5.000
Cold Creek	310	2	2.000	4.000	2.500	5.000
Ravens	257	2	2.000	4.000	2.500	5.000
Primrose	195	2	2.000	4.000	2.500	5.000
Tarkio	138	2	2.000	4.000	2.500	5.000
Drexel	76	2	2.000	4.000	2.500	5.000
East Portal	38	3	2.000	6.000	2.500	7.500
Stetson	6	3	1.500	4.500	1.900	5.700
Total des puissances installées.				59.500 kw		74.600kva

La salle des machines contient également les tableaux de distribution à haute et basse tension, les appareils de protection contre les surcharges, les transformateurs pour l'éclairage et les signaux, les interrupteurs de démarrage, dans l'huile, reliant l'enroulement à basse tension (2.300 volts) des transformateurs aux moteurs synchrones.

Les sous-stations sont construites en briques et en ciment armé. Les toitures sont en forme de terrasses avec parapet, sauf pour les trois sous-stations de Drexel, East Portal et Avery, situées dans des pays à grandes chutes de neige, et pour lesquelles on a adopté une toiture à double pente.

La ligne à 100.000 volts, protégée par des para-

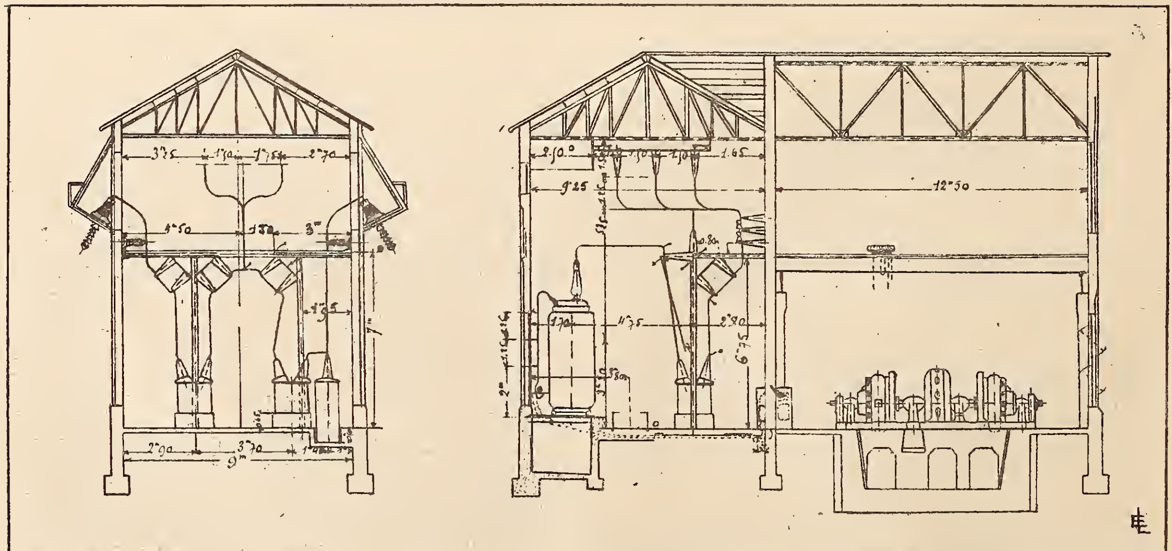


Fig. 1. — Sous-stations Piedmout et Morel.

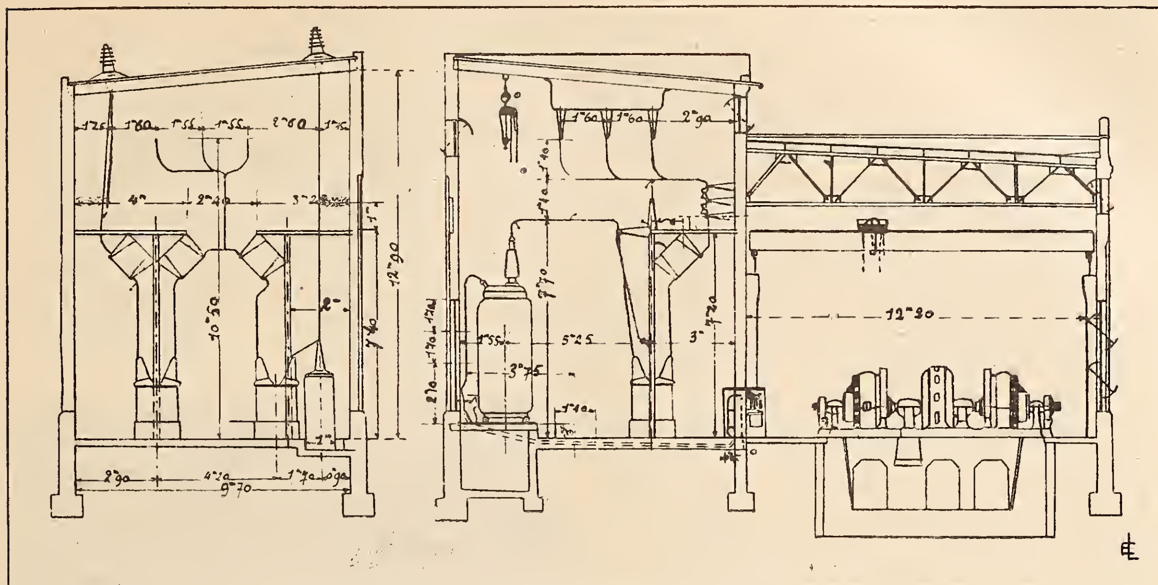


Fig. 2. — Sous-station East-Portal.

foudres à cornes avec résistance électrolytique, placés sur le toit en terrasse (sauf dans les trois sous-stations précédentes) et manœuvrés du sol par des tringles de commande, — aboutit à des barres omnibus, sur lesquelles les transformateurs triphasés sont branchés par l'intermédiaire d'énormes interrupteurs dans l'huile, type K-21 (fig. 3).

Dans les trois sous-stations précitées, les parafoudres sont placés à l'intérieur.

Il est à remarquer qu'il n'y a qu'un jeu de parafoudres par sous-station. Nous avons en effet dit plus haut que quatre lignes de transmission à 100.000 volts de la « Montana Power Company » alimentaient les sous-stations et que ces dernières étaient reliées entre elles par une ligne à haute tension et sur laquelle elles sont dérivées. Il en résulte que les branchements peuvent être considérés comme faisant partie de la ligne à haute tension et que, par suite, l'installation d'un seul jeu de parafoudres protégeant les deux lignes qui alimentent de part et d'autre la sous-station est entièrement suffisante.

Les interrupteurs type K-21 sont très bien étudiés ; ils donnent entière satisfaction et assurent une protection efficace au matériel de la sous-station. (Nous ne pourrions peut-être pas en dire autant des limiteurs de tension, appareils électrolytiques, sur l'efficacité desquels les ingénieurs exploitant des lignes à haute tension émettent des doutes sérieux. Il semblerait que la tendance actuelle serait de les supprimer, sans d'ailleurs les remplacer par d'autres appareils.)

L'entrée des lignes à haute tension dans les sous-stations se fait à l'aide d'isolateurs spéciaux à cloches multiples placés sur la toiture-terrasse. Dans les sous-stations ayant des toitures inclinées, l'entrée des lignes se fait latéralement à l'aide d'isolateurs semblables inclinés à 30° sur la verticale.

Les câbles à 2.300 volts reliant les transformateurs aux groupes sont non armés et placés dans des tubes isolants drainés pour éviter l'accumulation d'eau.

Les câbles positifs et négatifs à courant continu

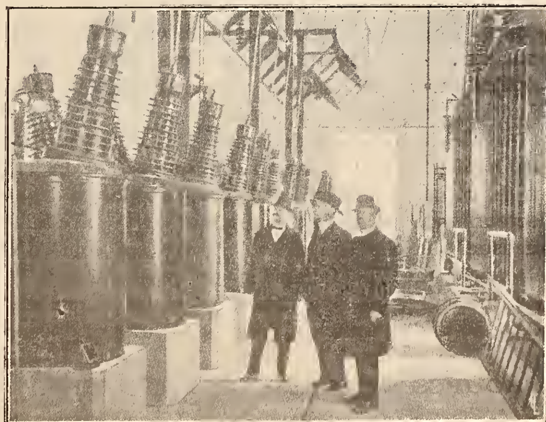


Fig. 3. — Interrupteurs dans l'huile, pour 100.000 volts

3.000 volts sont placés dans une fosse centrale, régnant sous les groupes (les sous-stations n'ont pas de sous-sol) et supportés par des isolateurs. Les câbles positifs arrivent à un tableau de départ où sont branchés les feeders d'alimentation de la ligne de contact, de part et d'autre de la sous-station. Les câbles négatifs sont reliés ensemble à un disjoncteur de retour.

Les feeders à courant continu qui sont protégés par des parafoudres électrolytiques à éléments en aluminium comportent des disjoncteurs à action extra-rapide. Nous expliquerons plus loin très en détail le fonctionnement de ces appareils dont le rôle est de première importance.

Les transformateurs à huile refroidie par radiateurs tubulaires portent du côté haute tension trois prises pour 102.000, 97.200 et 94.200 volts. Du côté basse tension, une prise supplémentaire à 1.150 volts sert au démarrage des moteurs synchrones.

Un petit transformateur triphasé de 10 kw assure l'éclairage et les services auxiliaires; un transformateur monophasé de 25 kw commande les circuits de signalisation.

La prise de terre pour les divers appareils, châssis, ferrures, etc. est constituée par des tubes de fer de 32 m/m de diamètre et de 3 ^{m}, 05 de longueur, plantés dans le sol à 6, 10 mètres les uns des autres, sur trois côtés de la sous-station. Cette subdivision de prise de terre et de nombreuses unités facilite la distribution du courant et assure une plus grande sécurité.

Dans la salle des machines de chaque sous-station aboutit un embranchement relié à la voie principale du chemin de fer. Cette voie est desservie par un pont roulant de 10 tonnes manœuvré à la main. Une autre voie dessert la salle des transformateurs par l'intermédiaire d'une plaque tournante; sur cette voie circule un truck à quatre roues spécialement disposé pour la manutention des transformateurs. Le démontage de ces derniers pour réparation est facilité par un palan de 5 tonnes à chaînes, suspendu au plafond.

A côté du bâtiment de la sous-station se trouvent les habitations du personnel composé d'un chef et de deux électriciens. (Notons pour ceux de nos lecteurs qui sont des exploitants que le salaire mensuel du chef est de 193 dollars et celui d'un électricien de 170 dollars, le temps passé pendant les dimanches et fêtes étant payé 50 % en plus. Ce sont là des traitements d'ingénieurs européens.)

GROUPES MOTEURS GÉNÉRATEURS.

Les groupes transformateurs se composent chacun d'un moteur synchone triphasé à 2.300 volts, 60 périodes, entraînant deux génératrices à 1.500 volts courant continu, calées de part et d'autre sur le même arbre, à la vitesse de 600 t/m pour les groupes de 1.500 kw et de 514 t/m pour les groupes de 2.000 kw. L'arbre commun, supporté par 4 paliers, porte en outre à chaque extrémité une petite dynamo à courant continu, dont l'une est destinée à l'excitation du moteur synchrone et l'autre à celle des deux génératrices à 1.500 volts.

L'arbre du moteur repose sur deux paliers et comporte deux plateaux d'accouplement sur lesquels viennent se fixer les arbres des deux génératrices principales.

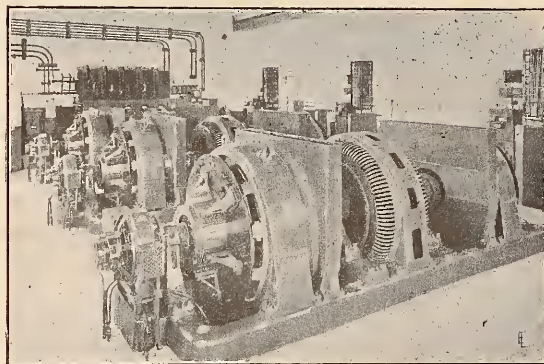


Fig. 4. — Groupes moteurs-générateurs de la sous-station Piedmout.

En raison des surcharges et des courts-circuits auxquels ces machines sont exposées, les pièces mécaniques ont été largement dimensionnées.

Un groupe de 1.500 kw pèse environ 50 tonnes et occupe une surface de 18 mètres carrés.

Les groupes moteurs-générateurs sont construits pour fonctionner d'une façon inverse dans le cas où la puissance, régénérée par les locomotives sur les pentes, excède la puissance nécessaire aux autres locomotives en service dans le voisinage. Autrement dit, on applique le *freinage par récupération.* De cette façon, il n'a pas été nécessaire d'utiliser des rhéostats liquides (comme nous l'avons vu pour la ligne Bluefield-Vivian du Norfolk and Western Railway) ou d'autres dispositifs d'absorption d'énergie, puisque les excédents d'énergie produits par la gravité. retournent directement au système de transmission à 100.000 volts.

Pour nous rendre compte des énormes surcharges imposées aux groupes, il y a lieu de noter qu'un train d'un poids remorqué de 2.600 tonnes américaines (soit 2.300 tonnes métriques), composé par exemple de 50 wagons, exige un palier et un alignement droit, et à la vitesse de 38,5 kilomètres à l'heure, un effort de traction de 6.850 kilos, ce qui

Fig. . 5— Ensemble d'une sous-station.

représente une puissance de 1.000 kw aux bornes de la locomotive.

En rampe de 20, le même train remorqué à 22 kilomètres à l'heure exige un effort de 52.000 kilos et la puissance absorbée est voisine de 4.000 kw.

Si donc on admet que toute la charge est supportée par une seule sous-station n'ayant en service qu'un groupe de 2.000 kw, celui-ci fonctionnera avec une surcharge de 100 %.

Si, en outre, on prévoit un démarrage en rampe cu un croisement de trains, ce qui arrive fréquemment, la pointe pourra atteindre 6.000 kw, ce qui correspond à une surcharge de 300 %.

Admettons au contraire que le même train descende la pente de 20 m/m, l'effort exercé sur la locomotive sera de 38.500 kilos environ. Si l'on excite les moteurs de cette dernière à l'aide d'un petit groupe moteur-générateur, ils fonctionneront en génératrices et débiteront sur la ligne une puissance de récupération évaluée à 2.600 kw, le train roulant à la vitesse de 26 kilomètres à l'heure.

Or, il arrive souvent que les convois ont des poids beaucoup plus considérables. Les membres de la mission envoyée en Amérique ont voyagé sur un train de 3.180 tonnes, composé de 64 wagons et remorqué par deux locomotives. En rampe de 16 et sur une courbe de faible rayon, la puissance absorbée par les deux machines était de 5.400 kw.

Il en résulte que les groupes doivent pouvoir supporter des charges variant dans un sens ou dans l'autre de 0 à 300 % de leur puissance nominale.

Pour satisfaire à un service aussi chargé, on a imposé aux groupes des sous-stations des conditions très sévères.

L'échauffement à pleine charge continue ne doit pas dépasser 35° C. Les groupes doivent pouvoir supporter une surcharge de 150 % pendant deux heures avec un échauffement maximum de 60°

et une surcharge de 300 % pendant cinq minutes sans dommages, avec une tension réduite à 85 % aux bornes des moteurs synchrones.

On s'est efforcé d'obtenir un bon rendement pour la puissance moyenne absorbée avec un facteur de puissance égal à l'unité, à demi-charge, en marche directe. Dans le cas de charges variant entre 50 et 300 %, les pertes en lignes entrent en jeu. Le moteur synchrone doit pouvoir fournir une puissance de 300 % avec une chute de tension en ligne de 15 %. Dans le cas de la marche inverse, en freinage par récupération, on s'attache à faire débiter le moteur synchrone sur le réseau triphasé avec un facteur de puissance égal à l'unité.

EXCITATION DES GROUPES ÉLECTROGÈNES. — Pour réaliser toutes ces conditions, il est nécessaire que l'excitatrice du moteur synchrone d'un groupe de 1500 kw puisse donner 41 volts à demi-charge dans la marche directe et dans la marche inverse, 120 volts dans la marche directe en surcharge de 300 %, 80 volts pour la même surcharge dans la marche inverse. L'excitation considérable adoptée en surcharge comme moteur a pour but d'obtenir, dans ce fonctionnement, un courant déwatté, décalé en avant, en vue de diminuer la chute de tension dans la ligne.

L'excitation des groupes est assez compliquée, ainsi que nous allons nous en rendre compte. La figure 6 donne le schéma simplifié des connexions d'un groupe.

Les dynamos sont compound, à la tension sensiblement constante de 1500 volts chacune et leur excitation ne comporte aucune disposition spéciale. L'excitatrice des dynamos, située à droite sur la figure, comporte un enroulement shunt *s*, un enroulement de commutation C*m* et un enroulement série de compoundage S. Les excitations (figurées en haut du dessin) des dynamos principales comprennent pour chacune : un enroulement indépendant *i*, alimenté par l'excitatrice, des enroulements de commutation C*m* et de compensation C*ps*, un

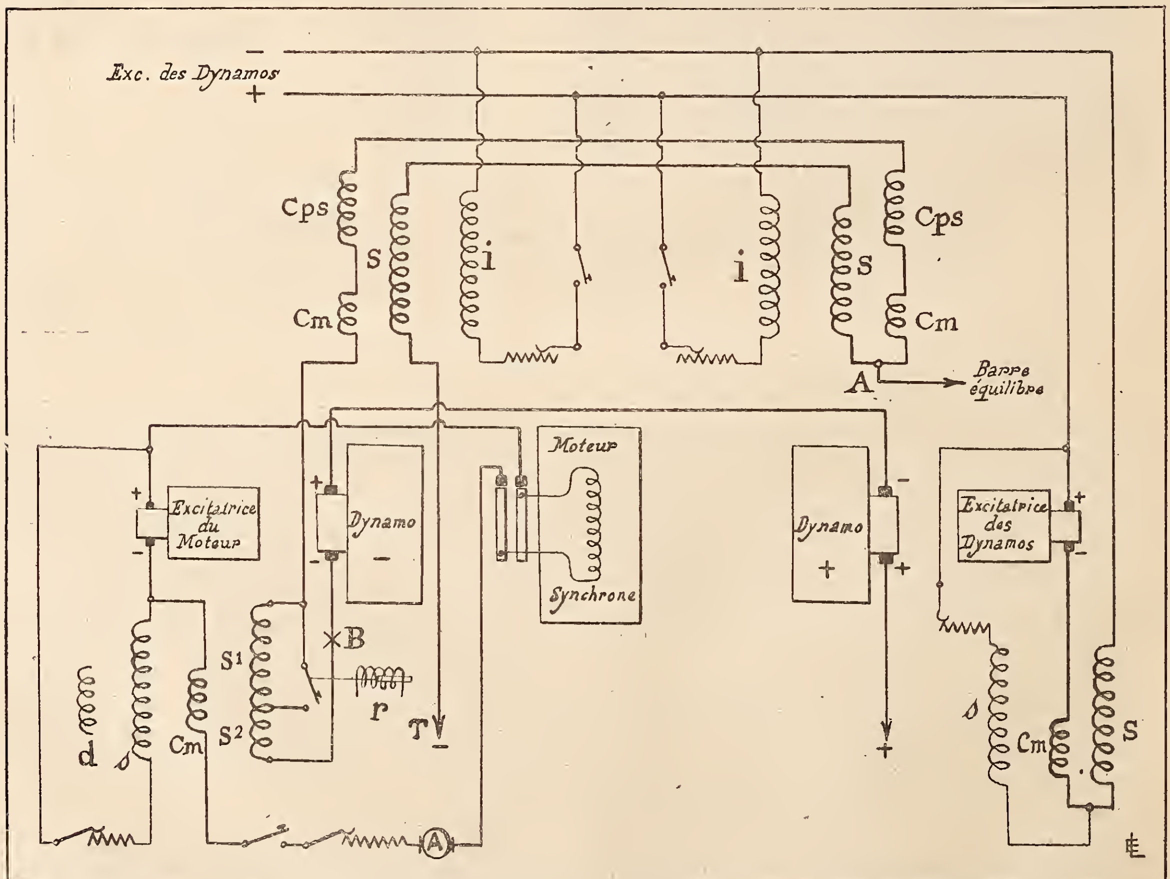


Fig. 6. — Schéma des circuits d'excitation d'un groupe moteur-générateur à 2 × 1500 volts.

enroulement série de compoundage S. En partant du sol, en T, on rencontre d'abord les deux enroulements de compoundage S, puis en A une dérivation allant à travers un interrupteur au fil d'équilibre destiné, comme on le sait, à permettre la répartition normale des charges entre les dynamos compound du groupe en question et celles des groupes voisins, en cas de marche en parrallèle de deux ou plusieurs groupes moteurs-générateurs ; viennent ensuite les enroulements de commutation et de compensation des deux dynamos, deux enroulements S^1 et S^2 dont nous parlerons plus loin et enfin les deux induits des deux génératrices, la borne positive de la dynamo positive étant reliée à la barre positive du tableau.

On remarquera que les divers enroulements-série des deux génératrices (compoundage, compensation et commutation) sont branchés du côté terre, ce qui réduit la tension entre ces enroulements et la masse et facilite l'égalisation entre les divers groupes.

L'excitation du moteur synchrone est beaucoup plus complexe. Elle est établie de telle sorte que le champ du moteur soit considérablement renforcé à mesure que la charge augmente, afin que le courant qu'il absorbe se déeale de plus en plus en avant, disposition qui a pour but à la fois de réduire la ehute de tension dans la ligne à haut voltage alimentant la sous-station et d'augmenter le couple maximum du moteur (ou générateur) triphasé et d'éviter son décrochage.

Le moteur synchrone a un seul courant d'excitation fourni par l'excitatrice placée à gauche sur la figure ; mais cette excitatriee comporte quatre enroulements inducteurs : un enroulement principal shunt *s* alimenté par l'excitatrice elle-même ; un enroulement shunt indépendant *d* (qui n'est pas utilisé dans la pratique actuelle), eonnecté en différentiel par rapport au précédent et qui est alimenté séparément par l'excitatrice des génératrices ; deux enroulements série S_1 et S_2 intercalés dans le circuit prineipal des génératriees, entre les enroulements de compensation et de commutation de ces dernières et la borne négative de la dynamo négative.

L'enroulement S_1 comporte 6 spires et est établi de façon que son aetion magnétisante s'ajoute à celle de l'enroulement shunt *s*, quand le groupe fonctionne comme générateur de courant continu. L'enroulement série S_2, de sens inverse à S_1, n'a que 3 spires. Dans ces conditions, le renforcement du champ correspond à la différence des actions des deux enroulements S_1 et S_2.

Pour la marche en récupération, l'enroulement S_1 est mis en eourt-circuit au moyen d'un relais *r*, dont la bobine-série, unique pour l'ensemble des moteurs générateurs d'une même sous-station (les connexions ne sont pas figurées), est intercalée entre la barre du tableau à 3000 volts et le sol. Le relais fonetionne quand le courant s'inverse dans cette bobine, au moment où l'on passe à la réeupération. L'enroulement S_2 est alors seul en action et devient magnétisant par suite du renversement de courant.

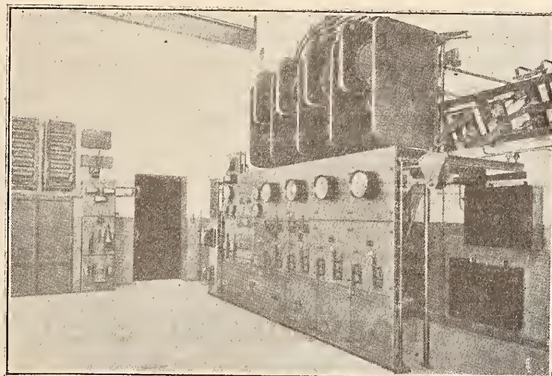


Fig. 7. — Tableau de commande de deux groupes moteurs-générateurs.

TABLEAUX DE DISTRIBUTION ET RENSEIGNEMENTS DIVERS.

Le panneau de chaque groupe moteur-générateur comporte, en plus des rhéostats des divers champs du moteur et de son excitatrice, les interrupteurs de démarrage et de marche normale du moteur ; 3 ampèremètres, dont un indique le courant principal, un second, avec zéro au milieu, le courant déwatté en avanee ou en retard, et un troisième le courant dans l'excitation du moteur ; un compteur ; un relais à maximum à retard inverse de la surcharge et un relais à maximum de retour de puissance coupant le circuit lorsque la puissance restituée au réseau par le moteur synchrone fonctionnant en récupération atteint une certaine valeur limite.

On a en outre pris diverses précautions en vue de la protection des agents chargés de la conduite des sous-stations : cloisonnement entre les appareils de coupure, couvercles de protection sur les ampèremètres (fig. 7). D'une façon générale, l'appareillage et son installation ont été étudiés de façon à permettre la conduite et l'entretien par un seul homme et à proeurer le maximum de sécurité possible.

Les bobines d'induit sont isolées au mica et à l'asbeste et les enroulements de compensation au mica et à la fibre. Les enroulements de commu-

tation et de compoundage sont constitués par des barres de cuivre disposées de façon à permettre une bonne ventilation et isolées avec le plus grand soin.

Le service particulièrement dur auquel ces machines sont astreintes a justifié l'emploi d'un mode de ventilation analogue à celui adopté pour les moteurs de tramways et de chemins de fer. Les canaux de ventilation sont disposés suivant l'axe de l'induit et non perpendiculairement comme autrefois. L'air est refoulé avec force à l'intérieur de ces canaux par un ventilateur. Dans certaines sous-stations, le ventilateur est calé directement sur l'arbre du groupe. Dans d'autres sous-stations, il forme un groupe séparé entraîné par un moteur spécial. Dans ce dernier cas, l'air est refoulé dans une conduite générale d'où il est réparti sur les diverses machines à ventiler.

Un limiteur de vitesse, à force centrifuge, est placé en bout d'arbre de chaque groupe. Cet appareil, dont l'emploi est recommandable pour tout groupe comprenant une dynamo shunt, coupe les circuits à courant continu lorsque la vitesse dépasse une certaine valeur et empêche ainsi l'emballement du groupe, en cas de rupture de l'excitation shunt des dynamos. Cet accident, très dangereux, a souvent provoqué l'explosion de groupes non munis de limiteurs de vitesse.

A. Tétrel,
Ingénieur E. S. E.

NOTES SUR LES

Nouveaux appareils de télégraphie rapide.

Réouverture du musée des P. T. T. — Un peintre télégraphiste Morse : — Un manipulateur commutateur automatique. — La coupure. — Courants vibrés. — Lecture au son. — Le tikker. — Le Fuller phone. — La modulation et la téléphonie multiple.

NOTES SUR LA TÉLÉGRAPHIE

RÉOUVERTURE DU MUSÉE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES

Au moment où nous commençons ces notes sur la télégraphie, l'Administration des Postes et Télégraphes annonce la prochaine réouverture de son Musée, collection admirable de tous les appareils télégraphiques. Le classement méthodique a été opéré par un technicien d'une compétence éprouvée et doué d'un esprit vraiment philosophique. Les chercheurs, nous dit-on, pourront y trouver des inspirations, car souvent les inventeurs ont devancé leur temps, et leurs idées, toujours fécondes, peuvent être reprises.

INVENTION DU MORSE

De tous ces appareils, celui qui a eu la vie la plus longue et dont la carrière n'est pas encore finie, c'est l'appareil Morse, que tout le monde connaît, mais qui nous suggérera quelques réflexions. Et d'abord, ce qui est étonnant, c'est que l'inventeur, Samuel Finley Breese Morse, n'était pas du tout un technicien. C'était un peintre. Il nous a été donné de voir encore à Washington ses compositions, qui décorent la salle des représentants. Ce fait nous encourage à écrire ces notes de vulgarisation, car les lecteurs qui ne sont pas télégraphistes de profession peuvent très bien avoir une idée utile à la télégraphie ; mon but est moins de renseigner sur nos mécanismes que de susciter des initiatives et de favoriser le progrès.

Morse est né en 1791, à Charlestown (Massachusetts) ; il est mort en 1884 ; on voit combien cet art de la télégraphie est de date récente.

C'est en 1829, qu'au retour d'un voyage qu'il venait de faire en Europe, Morse conçut, sur le bateau qui le ramenait aux Etats-Unis, le plan de son télégraphe et, dès 1835, il en exposait un modèle à l'Université de New-York. Cependant il ne prit de brevet qu'en 1837 ; c'était l'époque où paraissaient les appareils de Wheastone et de Steinheil.

L'emploi du Morse, en France, date de 1856, mais en 1844 il desservait déjà la ligne Washington-Baltimore.

NATURE DE L'APPAREIL MORSE

L'appareil Morse est un télégraphe inscripteur à transmission manuelle caractérisé par un code qu'on appelle le Code Morse ; il n'exige pas de

synchronisme ; il faut au récepteur une force motrice spéciale pour l'entraînement de la bande qui reçoit les signaux. Au départ, il y a une clé Morse, formant commutateur automatique pour la « coupure ».

Le récepteur ne reproduit pas fidèlement la courbe des intensités de courant reçues. C'est un appareil de « tout ou rien «. Il inscrit les périodes pendant lesquelles le courant à l'arrivée a eu son intensité supérieure à une limite donnée, celle qui est juste suffisante pour le fonctionnement du relais. Il se distingue par là des appareils à miroir de la télégraphie sous-marine, du siphon recorder de Lord Kelvin et de l'ondulateur de Lauritzen.

L'organe électrique de réception est un électroaimant. C'est seulement lorsque l'on a connu les lois du circuit magnétique et tenu compte de la constante de temps que l'on a construit d'une façon rationnelle des électroaimants récepteurs. Dans les débuts, il y avait peu de tours de fil et, quand la ligne était longue, sa résistance affaiblissant le courant, le nombre d'ampères-tours n'était pas assez grand pour actionner l'armature ; cet effet de la distance parut longtemps mystérieux. C'est seulement dans les appareils rapides qu'on est obligé d'avoir égard à la constante de temps.

Le manipulateur Morse a eu un sort singulier. En Amérique, on emploie le courant continu ; à l'état de repos et d'attente, on court-circuite le manipulateur en déplaçant une petite manette, pour que le courant puisse circuler d'un bout à l'autre de la ligne et c'est seulement au moment de transmettre qu'on écarte la manette pour se servir de la clé Morse dont la manipulation formera les signaux. En abaissant la clé Morse, on envoie le courant de travail et le rythme suivant lequel on manipule forme les points et les traits du langage télégraphique convenu ; pendant ce

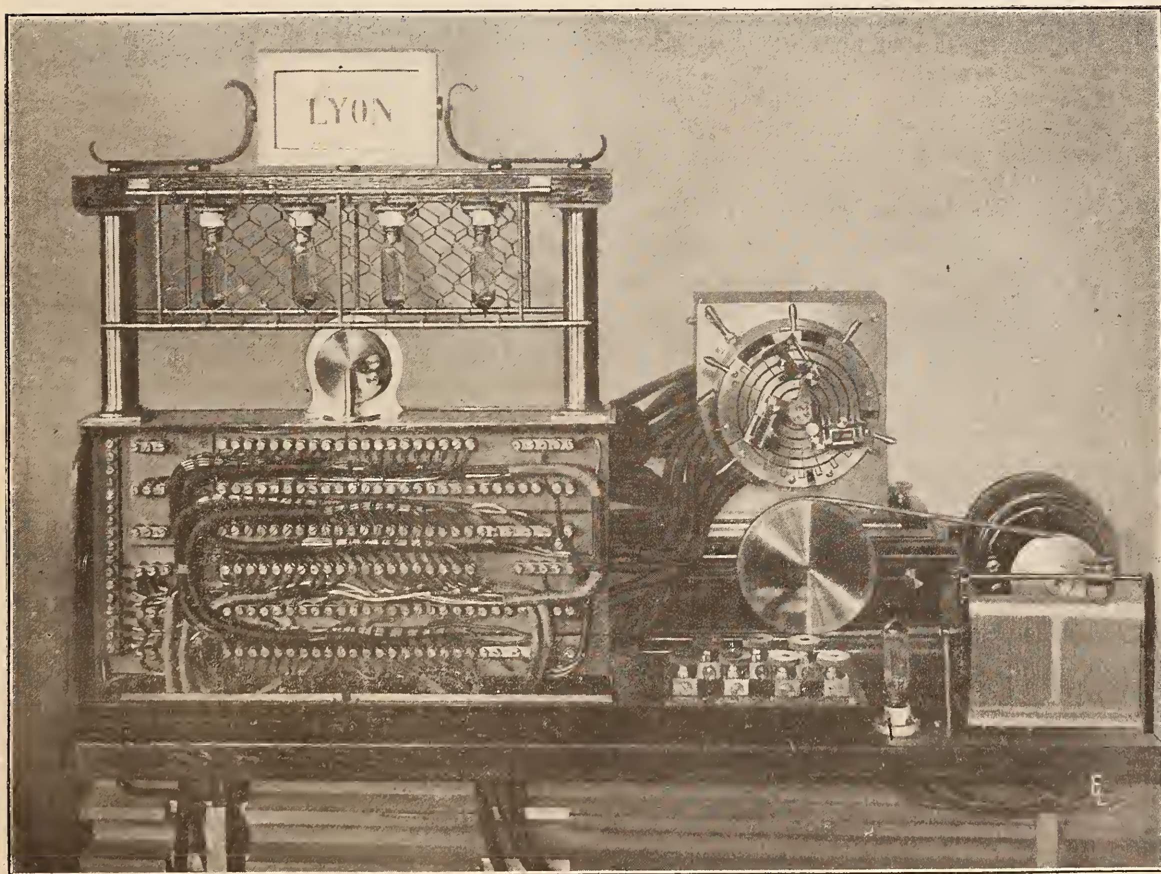


Fig. 1. — Appareil Baudot. — Distributeur quadruple : boîte des coupures (commande directe par un petit moteur électrique en remplacement de l'ancien moteur à poids).

temps, l'appareil du poste est toujours en circuit, de sorte que si le correspondant reçoit mal et veut en conséquence faire répéter, il peut, en agissant lui-même sur sa clé Morse « couper » la transmission qu'il reçoit ; des signaux sont reçus au poste émetteur et le manipulent, ainsi averti, cesse de transmettre et lit la demande. C'est ce qu'on appelle là « coupure ».

En Europe, il n'y a pas de courant sur la ligne à l'état de repos. La clé Morse est en relation avec la ligne par la chape dans laquelle oscille l'axe du levier ; le levier est, pendant l'attente, ramené sur un contact de repos en relation avec le récepteur et il est maintenu dans cette position par un ressort; mais quand on envoie un courant de travail, on abaisse le manipulateur de façon à mettre son autre extrémité en contact avec le butoir de pile. Or, ce dispositif est extrêmement ingénieux, parce que, non seulement il permet la manipulation comme n'importe quel bouton, mais encore parce qu'il forme commutateur automatique, puisque, dans l'intervalle des courants de travail, le levier est ramené en contact avec le butoir de réception, ce qui permet la « coupure ». C'est donc en Europe que le manipulateur est utilisé avec son dispositif si remarquable de commutation automatique.

LE RONFLEUR ET LA MODULATION

Il semble que la guerre ait détrôné l'appareil Morse. Tous les communiqués étaient reçus par signaux vibrés. Il y a là deux remarques à faire : 1°, c'est le remplacement de la lecture visuelle par la lecture au son; 2° c'est la modulation. Déjà, en temps de paix, on employait, en Angleterre, depuis bien longtemps, en France, plus récemment, le Sounder. Mais ce ne sont guère que les télégraphistes de profession qui savent lire les signaux Sounder ; au contraire, la généralisation de la télégraphie sans fil a amené un nombre considérable de soldats et d'officiers à apprendre la lecture au son, quand on peut se servir du téléphone, c'est-à-dire quand les signaux sont vibrés. En elle-même, la lecture au son présente certains avantages : elle oblige l'employé à la réception d'être « à son affaire », elle le maintient en éveil ; beaucoup d'erreurs sont ainsi évitées. Disparaissent également les défauts d'impression. Enfin l'oreille peut discerner les troubles parasites et reconstituer un signal déformé par une cause accidentelle ; l'ouïe sert d'analyseur. Les transmissions gagnent donc en rapidité et les réceptions en sécurité.

Mais il y a plus : il y a superposition de deux opérations distinctes, production de vibrations et production d'un rythme pour l'émission de ces vibrations. La résultante est la modulation, qui ouvre à la télégraphie des horizons nouveaux.

Par exemple : qu'est-ce que le tikker ? Voilà des oscillations continues de télégraphie sans fil qui sont reçues, mais leur période est trop courte pour agir sur les relais ou sur l'oreille ; comment les déceler ? Le tikker coupe ce train d'ondes continu, il le coupe par des interruptions de fréquence musicale et les décharges correspondantes d'un condensateur se font entendre au téléphone.

Qu'est-ce encore que le Fuller phone ? Voilà des courants provenant d'une émission Morse, ils sont d'une intensité si faible qu'ils ne pourraient actionner l'armature d'aucun relais ; on les a ainsi affaiblis pour que l'ennemi ne puisse les surprendre ; mais il faut que le correspondant les reçoive. Pour les déceler, il suffit de les interrompre suivant un rythme musical ; un téléphone vous fera percevoir le son, quand un courant passera ; en l'absence de courant, il restera silencieux. Pour éviter que le courant de ligne ne soit modifié et qu'il ne se mette à chanter lui aussi, on aura soin, à l'arrivée, de renvoyer ce courant dans des condensateurs pendant les périodes où on lui interdit l'accès du téléphone ; alors, le courant de ligne se rend alternativement dans les capacités et dans le téléphone et demeure continu le long de la ligne. On a ainsi réalisé une télégraphie secrète.

De même encore, les courants vibrés de réception de la T. S. F. pourront être envoyés dans un galvanomètre à miroir convenablement amorti et l'on pourra enregistrer par la photographie ces oscillations ; pendant la durée d'un point, la tache lumineuse s'étale ; cet élargissement ne dure qu'un temps ; pendant la durée d'un trait, elle s'étale encore, et son élargissement dure trois temps.

Enfin, si nous imaginons un courant alternatif à 20.000 périodes par seconde ou davantage et si l'intensité efficace de ce courant alternatif est sous la dépendance d'un microphone, au moyen de relais formés par des amplificateurs à lampes ou par des amplificateurs magnétiques, il arrivera que la voix, en agissant sur le microphone, fera varier cette intensité efficace suivant son rythme ; le courant de haute fréquence sera ainsi le véhicule de la basse fréquence. Or, si la voix humaine se maintient dans une tonalité où sa pulsation est voisine de 5.000, en moyenne, rien n'empêche de modifier à volonté la fréquence choisie pour le courant de haute fréquence ; imaginons qu'un second microphone commande l'amplitude d'un courant à 40.000 périodes, ce second courant pourra, comme le premier, servir de support à une seconde voix. Mais les courants alternatifs se superposent facilement sur une même ligne : c'est ce qui a lieu dans le célèbre appareil

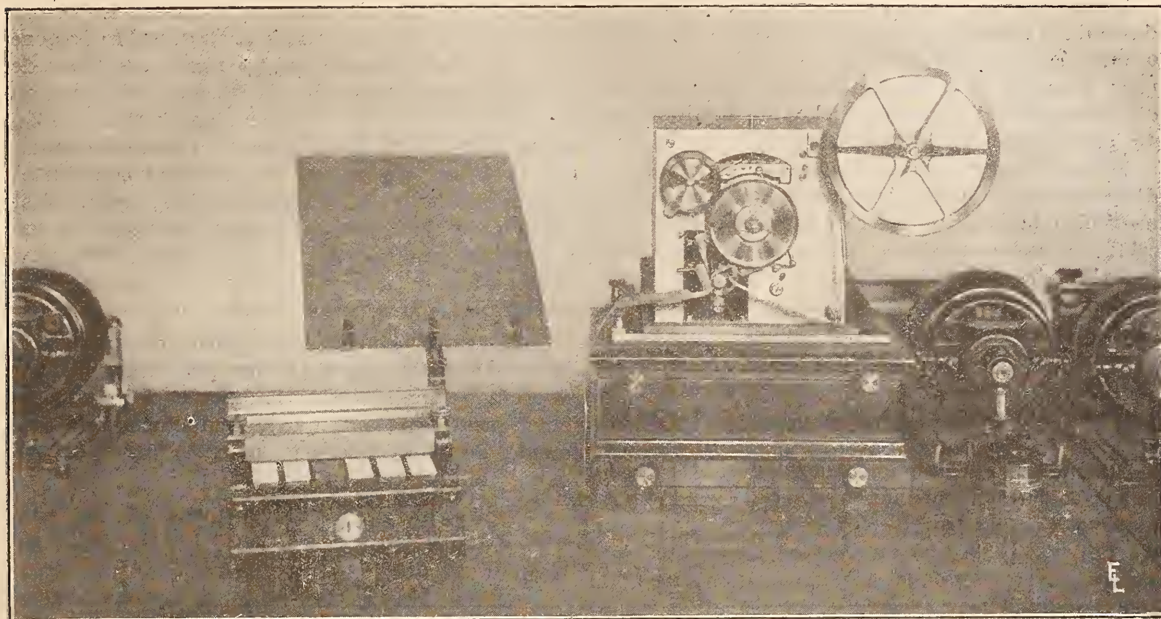


Fig. 2. — Appareil Baudot. — Une des quatre tables de manipulation du quadruple, type à commande directe.

Mercadier-Magunna. A l'arrivée, rien n'est plus facile (en théorie) que de les trier. On recevra donc dans deux organes distincts la fréquence de 20.000 et la fréquence de 40.000. Mais alors l'un des téléphones percevra la première voix, l'autre percevra la seconde. Et les deux paroles qui se seraient mélangées sans l'artifice employé arriveront distinctes à destination. La haute fréquence leur a donné une couleur qui a suffi pour les faire séparer.

Eh bien ! ce résultat merveilleux de la superposition de plusieurs conversations téléphoniques sur un même circuit a été réalisé par le génie des techniciens du système Bell; ils sont même parvenus à superposer ainsi une cinquantaine de voix. Et déjà le procédé, pour un nombre moindre, il est vrai (sept transmissions seulement) est entré dans la pratique. Telle est la puissance de la modulation. Ce qui est possible aux Etats-Unis est-il donc impossible en France ?

POMEY, J.-B.,
Ingénieur en chef des P. T. T.

Quelques remarques sur l'emploi des lampes 1/2 watt.

L'usage des lampes électriques dites 1/2 watt qui se répand chaque jour de plus en plus paraît devoir son extension rapide aux raisons suivantes :

Eclat intense de la lumière;

Consommation spécifique réduite ;

Robustesse supérieure à celle des lampes monowatt ;

Toutefois il est bon de raisonner l'emploi de ces lampes.

On connaît les origines de la lampe 1/2 watt.

En poussant les lampes à filament métallique ordinaires, il a été reconnu qu'on augmentait la température du filament et partant son pouvoir sélectif; par contre, le filament se volatilise au bout de quelques instants.

Pour obvier à cet inconvénient, le filament est placé dans une atmosphère d'azote; là encore le résultat immédiat est mauvais, car la présence de ce gaz entraîne une diminution de la température du filament par augmentation des pertes de chaleur par convection.

La disposition du filament en enroulement sous la forme de spirale à spires très serrées pare au défaut ci-dessus.

L'éclat intense de la source lumineuse ainsi réduite dans l'espace, quoique plus faible que celle constituée par un arc, devient une cause de troubles pour l'organe de la vue. Il étonne et éblouit l'œil en diminuant les facultés visuelles de la rétine dans des proportions considérables.

Il faut éviter que l'œil soit dans le champ direct d'une telle source lumineuse d'une manière continue, aussi bien dans le cas de fortes intensités que dans celui de sources réduites. Dans ce but il existe, pour l'éclairage intérieur, tout un système de réflecteurs destinés à diffuser et répartir la lumière tout en s'interposant entre le filament et l'œil.

Une enquête a été ouverte sur les conditions d'emploi des lampes 1/2 watt, au double point de vue économie et hygiène parfaite de l'œil dans les écoles et lycées.

Au sujet de la consommation de courant, malgré qu'elle soit nettement inférieure à celle des lampes monowatt, il ne faut pas s'illusionner sur le nom de 1/2 watt, la consommation spécifique ne s'abaisse à cette valeur que pour des lampes de 1000 bougies. Dans le cas d'une installation comprenant un nombre important de lampes 1/2 watt de faible intensité, il y a lieu de tenir compte de la consommation exacte de ces lampes.

Les chiffres ci-dessous donnent les consommations moyennes de lampes de fabrication normale pour plusieurs types.

Lampes 1/2 watt

INTENSITÉS LUMINEUSES	VOLTAGES	CONSOMMATION
50 bougies	22 à 120 volts	40 watts
100	22 à 174	75
100	174 à 250	85
200	50 à 174	130
200	175 à 250	150
400	50 à 174	250
400	175 à 250	280
600	50 à 174	340
600	175 à 250	360
1000	50 à 174	500
1000	175 à 250	550
2000	50 à 250	1000
3000	50 à 250	1500

Avec l'absence de stock et de sérieuse concurrence, la plupart des lampes ne sont plus étalonnées et les indications portées sur les culots deviennent ultra fantaisistes.

La fabrication des lampes 1/2 watt exige l'observance d'un certain nombre de règles établies par l'expérience.

Absence absolue de vapeur d'eau. Celle-ci entraîne le noircissement par le phénomène suivant : la vapeur d'eau attaque le filament, produit un oxyde de tungstène très volatil, l'hydrogène étant libéré. Cet oxyde se condensant sur les parties froides de l'ampoule se décompose sous l'action de l'hydrogène libre en abandonnant sur les parois un dépôt de tungstène métallique; l'hydrogène et l'oxygène, en se combinant, reconstituent la vapeur d'eau. Celle-ci, en présence du filament porté à l'incandescence se décompose à nouveau; les phénomènes précités se renouvellent en un cycle ininterrompu. C'est ainsi, d'après le *Bulletin Thomsom-Houston*, qu'une très faible quantité de vapeur d'eau suffit pour déterminer une attaque relativement considérable du filament et produire un noircissement désastreux.

Pour éviter l'inconvénient du dépôt opaque, on le transforme en un dépôt transparent par l'introduction à l'intérieur de l'ampoule de composés chimiques dégageant, par la tempétature du filament, de l'oxygène en quantité extrêmement petite, bien entendu.

De plus, les lampes doivent comporter un long col destiné à éloigner de la zone la plus chaude de la lampe les pièces en verre renfermant les entrées de courant, qu'il est nécessaire de protéger contre une température trop élevée.

Toutes ces prescriptions sont forcément perdues de vue dans les lampes de fabrication médiocre.

Dans ces conditions, la robustesse de la lampe 1/2 watt, qui est incontestable, est contrebalancée par le manque de durée.

Il est facile de constater, par comparaison avec une lampe neuve, la diminution très rapide de l'intensité lumineuse de certaines lampes après quelques heures de fonctionnement.

Une autre cause intervient parfois dans la diminution de durée d'une lampe : c'est la mauvaise ventilation.

D'après des essais effectués par un ingénieur suédois, des lampes soumises à une température de 200 degrés centigrades sont inutilisables au bout d'une quarantaine d'heures, tandis que l'intensité lumineuse avait diminué rapidement au bout de quelques heures. A 20° et à 3° la baisse de l'intensité lumineuse est insensible. Donc, le fait de placer les lampes de ce genre dans des armatures étanches à l'air afin de les soustraire aux intempéries, constitue une hérésie et il y a lieu d'exiger de la part des constructeurs des armatures spéciales à ventilation énergique.

En résumé, il ne faut pas se laisser fasciner par les avantages des lampes dites 1/2 watt et en monter à tort et à travers, mais au contraire ne les employer qu'à bon escient, avec un appareillage bien étudié et dans de judicieuses dispositions d'installation.

R. WOLFF.

TÉLÉPHONIE ET SIGNAUX

Le système d'intercommunication téléphonique

du chemin de fer métropolitain de Paris.

La téléphonie est, dans un réseau métropolitain, le complément de la signalisation. Le téléphone doit suppléer aux signaux en cas de défaillance de ceux-ci; son organisation doit donc être parfaite, même dans le cas d'appareils multiples comme ceux que nous décrivons ici.

L'arrêté de réglementation du métropolitain exigeait que des intercommunications téléphoniques soient établies entre les stations terminus, stations de bifurcations, de croisement, les usines, les sous-stations et les dépôts. D'autre part, le même arrêt obligeait la compagnie du chemin de fer métropolitain à relier chaque station à celle qui précède et à celle qui suit, par une ligne téléphonique spéciale.

Les services techniques de la compagnie du métropolitain étudièrent donc deux systèmes d'intercommunication qui sont actuellement en service et que nous allons décrire brièvement.

Le deuxième système d'intercommunication était relativement simple à établir. Il exigeait des tableaux commutateurs du type dicorde avec jacks à double fil. Un tableau *a* (fig. 1) est monté dans chaque station et chaque jack est relié à une ligne *b* (à deux fils) se rendant à la station précédente et à la station suivante. Cette disposition répond exactement aux désiderata de l'arrêté préfectoral. Aux stations de croisement ou de bifurcation E et B, le tableau comporte 3 ou 4 jacks et annonciateurs reliés respectivement à la station précédente, à la station suivante, à la station de croisement et, dans le cas de sous-station rapprochée, à l'appareil téléphonique de cette dernière.

Le premier système d'intercommunication destiné à relier deux stations principales d'une ligne nécessita des appareils d'un type spécial. Il était, en effet, indispensable de n'utiliser qu'une ligne commune, pour éviter l'emploi de nombreux fils (1 par poste au minimum) et d'un poste commutateur central.

Pour réaliser cette condition, l'appareil devait comporter un sélecteur capable :

a) D'appeler un poste quelconque du réseau et celui-là seul.

b) Quand la communication est établie, d'avertir les autres postes par un signal visible que la ligne

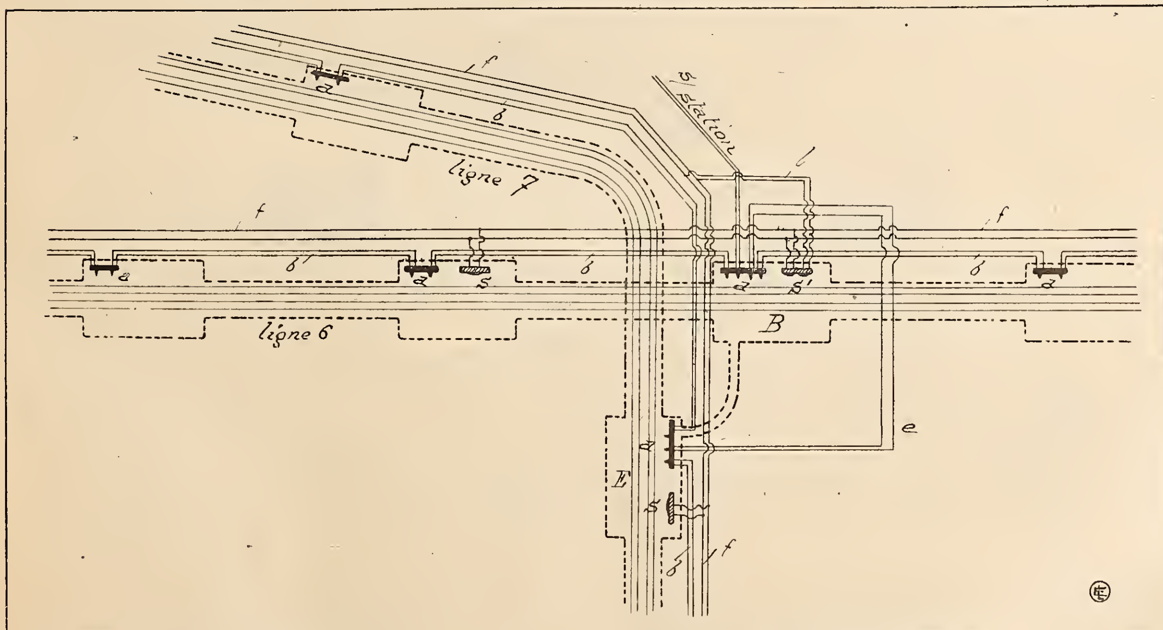


Fig. 1. — Schéma de l'intercommunication d'un croisement de lignes métropolitaines.

est occupée. (Ce signal doit disparaître quand la communication est coupée.)

c) D'assurer le secret de la communication.

d) D'appeler d'un poste quelconque tous les postes à la fois, pour leur transmettre simultanément une communication.

e) En cas d'urgence, si deux postes sont en communication, de permettre à un poste quelconque d'avertir un poste en service, au moyen d'un signal, qu'il y a urgence à cesser la communication.

Ces différents résultats ont été obtenus à l'aide du téléphone du type Dardeau. Les postes peuvent être montés en dérivation sur une ligne à double fil qui passe dans chaque station.

Aux stations principales, une dérivation est prise sur la ligne commune *f* (fig. 1) et est connectée au poste Dardeau S.

Aux stations de croisement, B, par exemple, un poste Dardeau S est connecté à la ligne de croisement.

Poste Dardeau :

Un poste complet est représenté par la figure 2. Il comporte en principe un appareil téléphonique complet, deux relais polarisés *s* et *s'*, un appareil sélecteur à deux boutons et deux batteries de piles.

L'organe principal est le sélecteur. Il comprend un appareil d'horlogerie actionnant une roue *g* par l'intermédiaire d'engrenages. Celle-ci porte une aiguille qui se déplace extérieurement devant un cadran divisé en un certain nombre de cases (16 à 28). Une croix est inscrite dans la case centrale du haut. Dans la case de droite est inscrit le mot « appel général » ; celle de gauche porte le nom « Déclenchement ». Les autres cases portent des numéros de 1 à 13 ou de 1 à 25, qui correspondent aux différents postes du réseau.

L'appareil d'horlogerie permet 2.000 tours complets, c'est-à-dire 2.000 conversations, avant d'être remonté à nouveau.

Au repos, l'aiguille est placée sur la croix.

Un système d'échappement *f* est placé sous la roue dentée *g*. Il est commandé par un électro-aimant *e* et libère le mécanisme, de telle façon que l'aiguille avance d'une dent à chaque attraction du système *f* par l'électro *e*. Un levier d'arrêt *p*

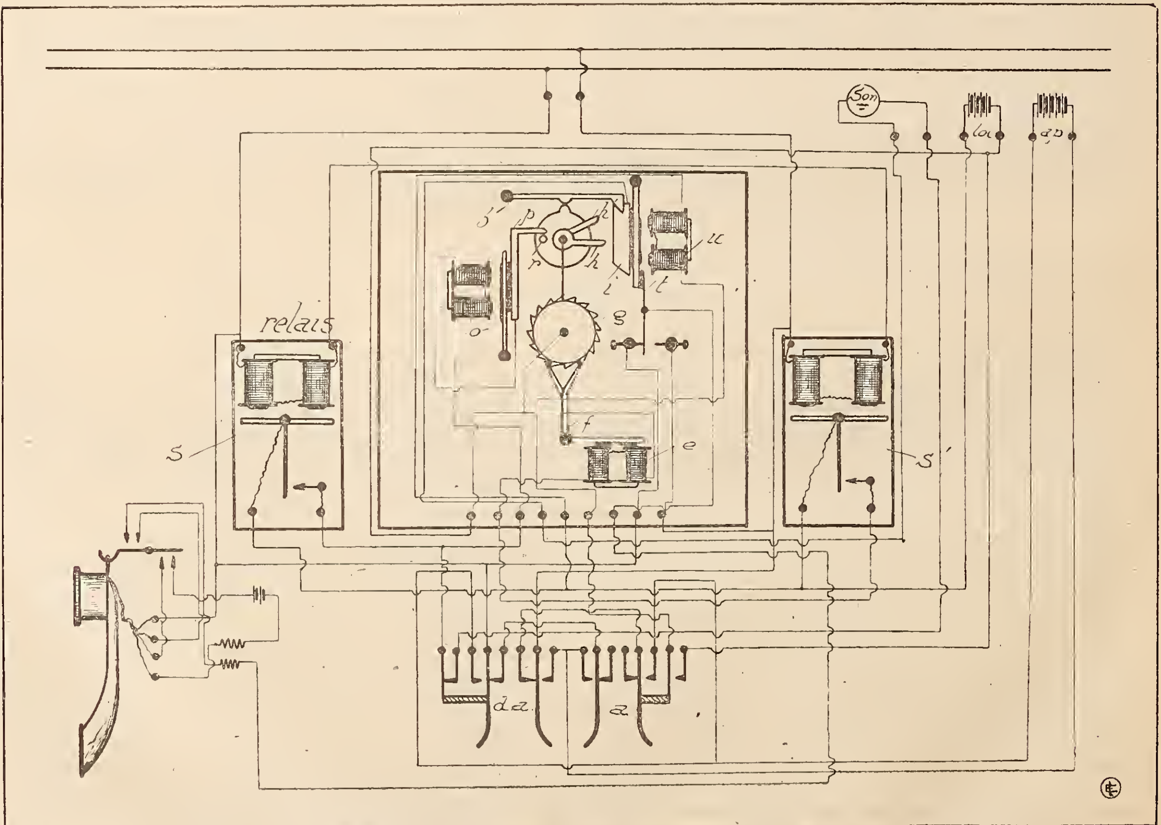


Fig. 2. — Schéma d'un poste Bardeau.

maintient le système d'échappement au repos, quand il n'est pas attiré par l'électro *o*. Sur l'arbre sont montées deux cames *h* et *h'* qui peuvent venir en contact avec une lame isolée *i* fixée sur l'armature *t* de l'électro-aimant de secret *u*.

L'une des cames *h* est fixée dans une position différente pour chaque poste, tandis que l'autre *h'* est dans la même position dans tous les postes ; cette dernière correspond à l'appel général.

Chaque poste comporte en outre deux boutons : *d a* est le bouton de déclanchement et *a* le bouton d'avancement. Pour les différencier, le bouton de déclenchement est blanc et le bouton d'avancement noir.

L'un des relais *s* sert au déclenchement de l'appareil et l'autre *s'* est le relais d'avancement.

Principe du fonctionnement. — Supposons qu'un poste quelconque du réseau veuille appeler le poste 11. On commencera par appuyer sur le bouton de déclenchement *da*. Par l'intermédiaire des contacts, un courant de sens donné (négatif) est envoyé sur la ligne. Le relais de déclenchement *s* étant actionné dans chaque poste, ferme à son tour, par l'intermédiaire de son armature, le circuit d'une pile locale sur l'électro-aimant *o* qui soulève le levier d'arrêt *p* et dégage le mécanisme d'horlogerie. L'aiguille vient alors se placer sur la case « déclenchement ».

Le poste appelant presse sur le bouton d'avancement *a*, et envoie un courant de sens inverse au précédent sur la ligne. Ce courant actionne le relais *s'* de chaque poste. Le relais d'avancement *s'* ferme le circuit d'une pile locale sur l'électro-aimant *e* qui libère le système d'échappement d'une division, portant ainsi l'aiguille devant la case 1.

A chaque pression sur le bouton *a*, c'est-à-dire à chaque impulsion, l'aiguille de chaque poste avance d'une division. Dans le cas considéré, il faudra envoyer 11 impulsions et toutes les aiguilles se trouveront devant la case 11, mais seulement au poste 11, la came *h* se trouvera en contact avec la pièce isolée.

En pressant de nouveau sur le bouton *d a* au poste appelant, le relais *s* fermera le circuit de la sonnerie au poste appelé.

En temps normal et dans tous les postes, le poste téléphonique est court-circuité par la lame *t* et un des plots de contact. Pour que le secret de la conversation soit assuré, il faut que tous les appareils téléphoniques restent court-circuités, moins celui du poste appelant et celui du poste appelé.

Ce résultat est obtenu au poste appelant quand le bouton *a* est actionné, au moment de l'envoi des impulsions d'avancement. A ce moment un circuit local a été fermé sur l'électro-aimant, ce qui attire l'armature *t*. Cette armature est maintenue dans cette position par le bec du levier *b* au poste appelé, la came *h* remplit le même office en écartant momentanément la lame isolée *i* et la tige *t*. On voit en outre que lorsque la position de déclenchement est dépassée, le levier *b* verrouille l'armature *i*, évitant ainsi qu'un poste quelconque actionne son bouton *a* pour rompre le court-circuit.

Après la conversation, le poste appelant ramène les aiguilles à la croix en actionnant le bouton *a*. Le levier d'arrêt *p* arrête les dispositifs au point voulu, même si des impulsions supplémentaires sont envoyées.

Grâce à la came portée par l'axe, la lame *b* s'engage de nouveau dans l'entaille de la pièce *i*.

En amenant les aiguilles sur la case « appel général », toutes les cames *h* seront en contact avec les pièces *i*, rompant ainsi les courts-circuits des postes.

Remarques générales. — Pour éviter les effets d'induction, les relais sont montés en série.

On intercale aux extrémités des bobines à forte self-induction pour éviter un shuntage nuisible des postes extrêmes.

Les piles d'appel sont de 7 éléments.

Quand le réseau comporte plus de vingt-cinq postes, on divise la ligne en plusieurs tronçons, et on intercale entre chaque tronçon un poste Dardeau d'intercommunication.

Le plus grand inconvénient est le remontage du mécanisme d'horlogerie. On a construit depuis des postes à remontage automatique.

P. MAURER.
Ingénieur-électricien.

LES ACCIDENTS DE L'ÉLECTRICITÉ

Un savant médecin radiologiste, le docteur Jaugeas, auteur d'ouvrages très appréciés sur les Rayons X, le Radiodiagnostic et l'Electrothérapie vient d'être victime du courant à haute tension.

Il a été tué, dans un hôpital de Neuilly, pendant qu'il examinait un malade à la radioscopie.

De grandes précautions doivent être prises contre le courant alternatif à haute tension, car les fusibles primaires du transformateur n'empêchent pas un court-circuit mortel au secondaire, et les médecins qui emploient directement le courant alternatif pour actionner des ampoules genre Coolidge feront bien de veiller aux isolement, disposer les trolleys à grande hauteur, et faire les connexions avec des fils logés dans des tubes de verre ou de caoutchouc.

Un conducteur très isolé, comme le *câble à bougie* employé en automobile, pourrait être très utile, car il n'y aurait pas toujours danger à le toucher accidentellement pendant les examens radioscopiques.

F. G.

Marchés pour installations électriques.

Extrait du règlement général pour les marchés, travaux, essais et réceptions des installations électriques, adopté par le Syndicat professionnel des industries électriques (Chambre syndicale de l'éclairage, du chauffage et de la force motrice par le gaz et l'électricité)

1° Exécution des travaux.

1. — L'entrepreneur n'est tenu de commencer les travaux que si l'Etat de la construction permet la pose des canalisations électriques sans crainte de détérioration par suite d'humidité des plâtres insuffisamments secs.

2. — Les délais d'exécution prévus au devis sont maintenus dans la limite du possible, les retards ne peuvent dans aucun cas justifier l'annulation de la commande.

3. — Dans le cas où un délai est fixé pour l'achèvement des travaux, l'entrepreneur ne peut accepter d'amendes pour retard que s'il lui est alloué une prime équivalente pour avance.

4. — Dans aucun cas l'amende ne peut être supérieure à 1 0/0 du montant de la commande par semaine de retard, sans pouvoir dépasser 15 0/0 du montant des travaux.

5. — L'entrepreneur est dégagé de tout engagement relatif au délai de livraison.

a) Dans le cas où les conditions de paiement n'ont pas été observées par le client.

b) Dans le cas où il a été retardé par les autres corps d'état.

c) Dans le cas de guerre, grève, empêchement de trans port, incendie de tout ou partie de matériel.

L'entrepreneur doit, dans tous les cas, prévenir son client de ces incidents dès qu'il en a eu connaissance.

6. — Les devis remis ou marchés sont limités aux fournitures et travaux expressément désignés et constituent un contrat de vente ferme.

7. — Tous les travaux commandés sans devis préalable, ou les travaux supplémentaires ou d'entretien, seront réglés au tarif de la Société centrale des architectes, édition en cours à la date de l'exécution du travail.

8. — Les mémoires de ces travaux seront établis à prix de série nets sans majoration.

Le règlement de ces mémoires ne sera susceptible d'aucun rabais, à moins d'accord préalable ou de convention existant entre l'entrepreneur, le client ou son mandataire.

9. — Pour les travaux exécutés en province, le client aura à effectuer le remboursement :

1° Des frais d'octroi et de transport du matériel de la gare d'arrivée à pied d'œuvre.

2° Des frais de voyage des ouvriers monteurs en 2e classe.

3° Des frais de l'indemnité journalière de couchage et de nourriture versés aux monteurs. Ces indemnités et frais seront comptés sur le mémoire avec majoration de 10 0/0 pour frais généraux sur déboursés.

2° Paiements.

10. — Les paiements seront faits en monnaie française et sans escompte.

a) Pour les installations de canalisations: 80 0/0 en cours des travaux échelonnés au fur et à mesure de l'avancement des travaux; 10 0/0 à la rféception ou mise en service de l'installation.

Le solde, soit 10 0/0, trois mois après la réception de l'installation pour les travaux exécutés à forfait ou dans un délai de six mois maximum à dater du jour de la remise du mémoire.

b) Pour les installations comportant du matériel, machines, moteurs, etc..., les conditions de paiement seront de : 1/3 à la commande, 1/3 à la livraison à pied-d'œuvre, 1/3 un mois après.

c) Les termes de paiement ne peuvent être retardés sous aucun prétexte.

d) Dans le cas d'un retard apporté dans le règlement, soit des acomptes, soit du solde, un intérêt au taux légal commencera à courir sur les sommes restant à verser à partir de la date fixée par le règlement.

3° Responsabilité. — Garantie.

11. — L'entrepreneur donne une garantie d'un an, contre tout vice de construction du matériel employé.

12. — La responsabilité de l'entrepreneur est strictement limitée à la réparation ou au remplacement pur et simple des pièces reconnues défectueuses.

13. — Cette garantie ne s'applique pas aux dégâts qui pourraient être causés aux canalisations par toutes autres causes extérieures, telles que: fuites d'eau, émanations, etc., pouvant détériorer les canalisations et appareils.

14. — Au point de vue technique, l'entrepreneur se conformera strictement pour l'exécution des travaux au règlement préfectoral du 11 janvier 1910 sur les installations électriques.

15. — En cas de désaccord, les parties acceptent la juridiction du domicile de l'entrepreneur.

Jurisprudence et Législation.

Arrêté fixant le prix de vente des charbons importés d'Angleterre.

Art. 1er. — A dater du 1er janvier 1920, les prix de vente des charbons d'importation de provenance anglaise, à quai, sur wagons ou sur chalands ou péniches au port d'importation, ne pourront dépasser le total formé par la somme des trois éléments suivants :

a) Le prix réel d'achat du charbon franco bord en Angleterre, majoré d'un forfait de 4 1/2 % représentant les déchets de route et les frais grevant le charbon en Grande-Bretagne, c'est-à-dire la commission d'exportation, les frais de wharf et de mélange au départ, l'assurance maritime et de guerre de la cargaison et des débours la concernant.

b) Le fret réellement payé, comprenant les dépenses de transport maritime, les assurances et la commission d'affrètement, s'il y a lieu, la participation aux frais de déchargement et les surestaries dans les conditions de détail fixées par le B. N. C.

c) Les frais divers que doit supporter le charbon en France, dont le montant maximum comprenant les droits de douane, statistique, péage et licences, les frais de déchargement, les frais généraux, y compris la rémunération des représentants et agents commissionnaires et le bénéfice des importateurs est indiqué pour chaque port de France au tableau C annexé au présent arrêté (1).

(1) Les tableaux correspondants sont publiés dans le *Journal officiel* du 18 janvier 1919.

Art. 2. — Les ristournes qui pourraient éventuellement être faites par le B. N. C. sur les cargaisons ainsi importées viendront en déduction des prix établis comme ci-dessus.

Art. 3. — Tout importateur devra fournir au délégué du B. N. C., dans le port où sera arrivée la cargaison, toutes justifications nécessaires sur les dépenses du transport maritime pour permettre à celui-ci la vérification du montant de l'élément B ci-dessus.

Art. 4. — Pour établir le prix des charbons travaillés en France après leur importation, il sera ajouté au prix obtenu par l'addition des éléments A, B, C, relatifs à la cargaison d'importation, les suppléments prévus au tableau D annexés au présent arrêté.

Les prix ainsi obtenus s'appliqueront au poids des livraisons des produits finis ; ils sont susceptibles de rabais.

Art. 5. — Le prix de vente des agglomérés fabriqués en France, au moyen des charbons d'importation, sera calculé d'après les règles insérées au tableau E du présent arrêté.

Art. 6. — Les prix de vente des charbons d'importation d'origine anglaise, à quai, sur wagons, sur péniches ou chalands en un point quelconque du territoire français autre que le port d'importation ne peuvent dépasser :

a) Si la vente est faite par l'importateur ou son représentant ou agent commissionnaire, les prix calculés au moyen des règles ci-dessus indiquées, augmentés des frais de stockage, transport et réexpédition dûment justifiés ;

b) Si la vente est faite par tout autre négociant, les prix ci-dessus avec addition supplémentaire d'une somme ne pouvant dépasser 3 francs par tonne.

Art. 7. — Les prix résultant du présent arrêté ne sont pas applicables au charbon cédé soit par les groupements de consommateurs à leurs membres soit par les services publics chargés de contribuer au ravitaillement du pays en combustibles. Le prix de vente de ces charbons pourra, en conséquence, être fixé sous le contrôle de l'administration à des taux différents de ceux qui résulteraient de l'application du présent arrêté.

Art. 8. — L'arrêté du 7 août 1919 est abrogé à dater du 1er janvier 1920.

Paris, le 13 janvier 1920.

LOUCHEUR.



Un arrêt du Conseil d'Etat sur les bénéfices de guerre.

La taxe sur les bénéfices de guerre est calculée sur le produit net de l'entreprise. Les charges doivent donc être diminuées du produit brut.

Le Conseil d'Etat a déjà exclu de ces charges la rémunération que le chef d'entreprise s'alloue lui-même. Un nouvel arrêt (pourvoi Denis) précise l'exclusion de charges que l'on serait tenté de déduire des produits de l'exploitation :

« Considérant qu'au sens de l'article 3 de la loi du 1er juillet 1916, le produit net doit s'entendre de l'ensemble des profits que le contribuable retire de l'exercice de sa profession ; que dès lors c'est à bon droit que la commission supérieure a maintenu dans le bénéfice imposable du sieur Denis, d'une part, l'intérêt alloué à son capital, d'autre part, les prélèvements opérés par lui pour la rémunération de son travail personnel sur les produits de son exploitation ; qu'il doit en être de même du foyer fictif qu'il s'attribue pour l'immeuble dont il est propriétaire et qui représente l'intérêt du capital engagé qui constitue la valeur dudit immeuble ;

« Qu'enfin, si l'article 3 susvisé prévoit la déduction du produit net de la somme nécessaire à la réserve légale que les sociétés anonymes sont tenues de constituer aux termes de l'article 36 de la loi du 24 juillet 1867, pareille déduction ne saurait être étendue à la constitution d'une réserve qui, dans l'espèce actuelle, ne correspond à aucune des déductions prévues par l'article 3 de la loi du 1er juillet 1916. »

Inventions. — Appareils et procédés nouveaux

COUPLE THERMO-ÉLECTRIQUE POUR ÉCLAIRAGE

Ce dispositif est destiné à l'éclairage d'une voiture automobile, camion, motocyclette, dirigeable, etc. Il est composé de couples thermo-électriques *b* (fig. 1), fer, zinc, fer-antimoine, fer-maillechort dont les soudures sont chauffées par le gaz d'échappement du moteur.

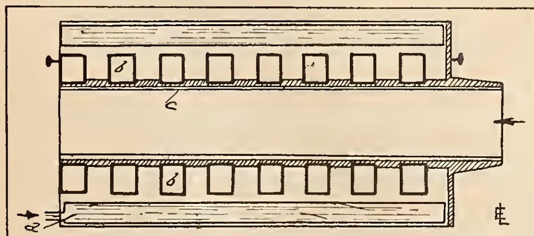


Fig. 1. — Couple thermo-électrique chauffé par échappement.

Les couples sont disposés radialement à l'extérieur du pot d'échappement dans des rainures spéciales et en forme d'hélice.

Les soudures extérieures sont isolées à l'aide de mica et recouvertes d'une enveloppe cylindrique C en tôle mince.

Les soudures intérieures sont refroidies par l'eau du radiateur en *a*.

Cet appareil peut fonctionner en silencieux. — (Br. Fr 495.265.)

BALAI MÉTALLIQUE POUR T. S. F.

La rapidité et la stabilité des réglages dans les systèmes de réception avec cristal dépendent en grande partie de la pointe métallique. Les réglages sont généralement longs et installés avec une pointe unique.

On propose ici l'emploi de balais en fils métalliques très souples, ayant une base en forme de polygone. 16 à 24 brins de longueur égale à 2 centimètres (en fils de galon militaire) conviennent très bien. — (Br. Fr. 495.318.)

FOUR ÉLECTRIQUE A INDUCTION

Ce four électrique est destiné à fondre les déchets de laiton et autres métaux; il doit être alimenté par du courant triphasé (fig. 2).

Il a pour avantage de donner un mouvement de rotation variable au bain, de favoriser la décantation, d'éviter l'oxydation et de permettre la coulée à la température désirée.

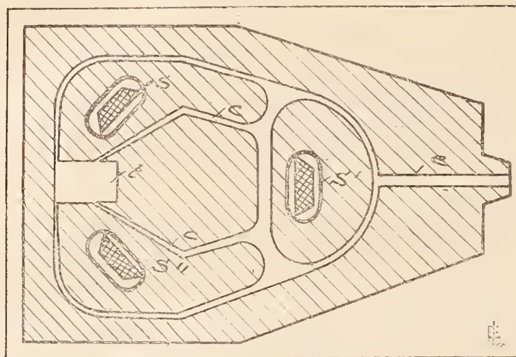


Fig. 2. — Four à induction.

Il comprend en principe trois noyaux feuilletés *s s' s''* entourés des circuits primaires et des canaux de fusion C.

Un appareil de chargement monté en *t* est construit spécialement pour réduire l'introduction de l'air.

La dissymétrie des canaux a pour but de faire varier la force du mouvement de rotation du bain en permettant à volonté l'emploi de deux ou trois circuits. D'autre part les canaux sont aplatis en forme de corne, pour améliorer le facteur de puissance.

Des résistances disposées sous les coulées chauffent le four avant la mise en route et le sèchent. — (Br. Fr. 495.610.)

LIMITEUR DE COURANT ALTERNATIF

Cet appareil interrompt le courant en une seule fois lors d'une surcharge, et ne le rétablit que lorsque la surcharge est supprimée.

Il comporte en principe un petit électro-aimant *g* à deux enroulements *f* et *f'*, et deux armatures *a* et *c* commandées l'une par l'autre.

En temps normal le courant passe par *f*, *c*, *c* (fig. 3). Si

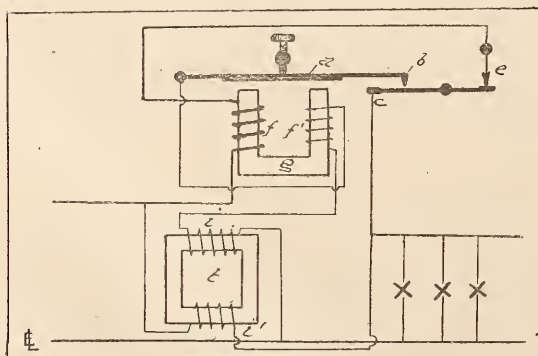


Fig. 3. — Limiteur de courant alternatif.

une surcharge se produit, *a* est attirée par l'enroulement *f*, et supprime le contact en *e*, c'est-à-dire interrompt le courant. A ce moment l'enroulement primaire *i'* du transformateur *t*, qui est monté en tension, excite dans le secondaire *i*, un courant qui passe par *i*, *f'*, *a*, *b*, *c*; l'électro *g* maintient l'armature *a* dans la position d'attraction.

Quand l'intensité du courant diminue, l'armature *a* revient en position normale. — (Brev. Fr. 495.659.)

LAMPE ÉLECTRIQUE A DEUX FILAMENTS

Cette lampe spéciale destinée aux automobiles comporte deux filaments (fig. 4) *a* et *b*, permettant un éclairage intensif ou réduit.

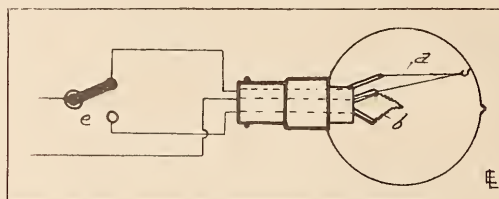


Fig. 4. — Lampe d'auto à 2 filaments

L'un des filaments *b* est centré dans le réflecteur et produit, quand il est parcouru par le courant de la dynamo, l'éclairage intensif.

L'autre filament *a*, produisant l'éclairage réduit, ne peut par sa construction être centré dans le réflecteur. — (Brev. Fr. 495.489.)

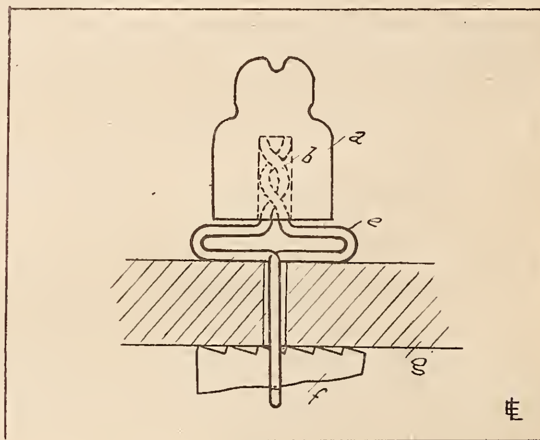


Fig. 5.

FERRURE POUR ISOLATEUR DE LIGNE ÉLECTRIQUE DE CAMPAGNE

Les poulies généralement employées sont peu solides et longues à monter.

La nouvelle ferrure destinée aux isolateurs à cloche est formée d'un fil métallique *e* (fig. 5) dont l'extrémité supérieure *b* est torsadée et, scellée dans la porcelaine. La partie inférieure *c* est introduite dans un trou pratiqué dans la traverse *g*. Un coin spécial *f* permettant le serrage et la fixation de la ferrure, s'engage dans la boucle inférieure formée par le fil. — (Br. Fr. 495.995.) P. M.

PERFECTIONNEMENTS AUX ANTENNES

Ce procédé consiste en un dispositif de prises de terre multiples pour antennes (fig. 6), qui ont pour avantages de répartir le courant de terre d'une manière particulièrement uniforme sur toutes les prises et de réduire la résistance de terre au minimum.

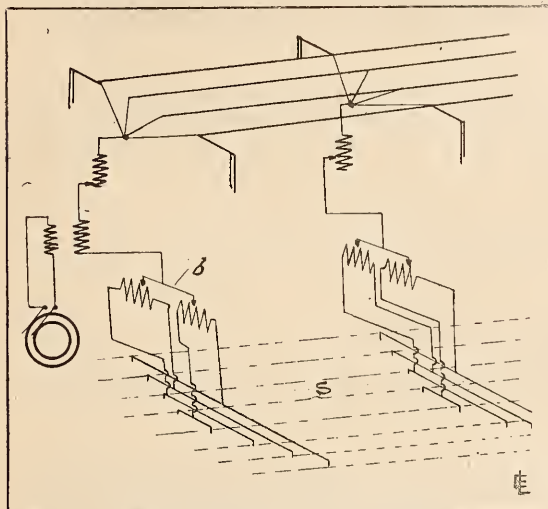


Fig. 6. — Prises de terre multiples.

On intercale sur les prises des bobines d'équilibrage *b*, de manière qu'une même quantité de courant s'écoule dans toutes les prises de terre S.

On peut encore réduire la résistance par l'emploi de terres à capacités en multiple. — (Brev. Fr. 495.770.

ORGANES ROTATIFS DE PRISE DE COURANT

Les balais en charbon ou métal ont pour inconvénients de s'user rapidement, de ne s'adapter sur le collecteur qu'au bout d'un certain temps, de détériorer le collecteur surtout si les intervalles sont en isolant (ce dernier s'use très vite et est remplacé par des particules de charbon).

On propose l'emploi d'un rouleau tournant *b* ou de billes. Ces pièces seraient en métal mou ou charbon ou constituées par un revêtement flexible.

Des porte-rouleaux *a* sont fixés au bâti de la machine (fig. 7). — (Brev. Fr. 495.777.)

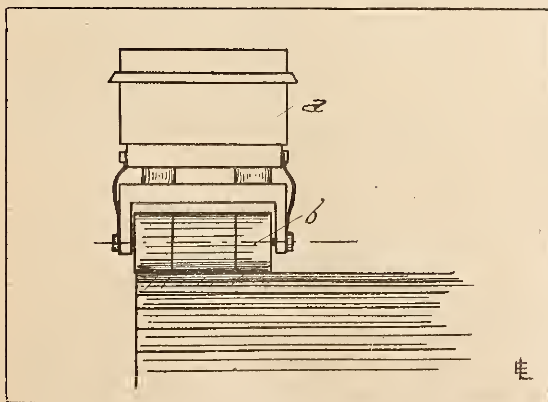


Fig. 7. — Balai rotatif.

DISPOSITIF POUR AMÉLIORER LE FACTEUR DE PUISSANCE DES MOTEURS ASYNCHRONES

Ce dispositif comprend une machine électrique spéciale branchée entre les bagues du rotor du moteur asynchrone.

En régime, l'induit est doué d'un mouvement rotatif tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, et il engendre une force électro-motrice dans le circuit du rotor en retard ou en quadrature, par rapport au courant du circuit considéré. La commutation constitue le point faible de ces machines, car les balais absorbent une grande quantité de la force électro-motrice produite et chauffent le collecteur.

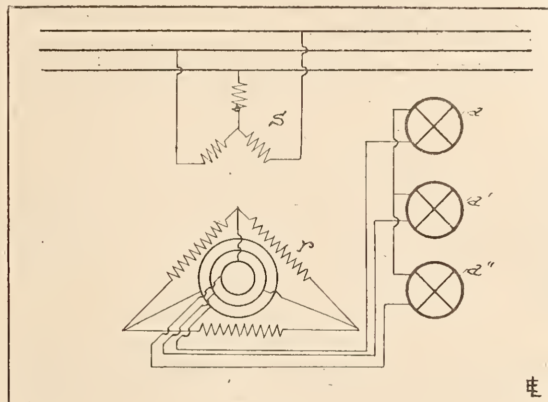


Fig. 8.

Pour éliminer le commutateur, on emploie ici une dynamo *a a' a''* (fig. 8) du type multipolaire à une seule paire de pôles ; l'induit est constitué par un fil unique aux bornes duquel se produit la force électro-motrice ayant toujours même direction.

On recueille le courant aux extrémités de l'induit à l'aide de balais à simple frottement (ou roulement).

Il y a autant d'éléments que de phases dans le rotor et chaque élément engendre une f. e. m. et intensité limitées. — (Brev. Fr. 495.831.)

ATTACHE-FILS

Pour jonctionner deux câbles ou fils aériens on fait généralement une épissure soudée. Ce travail est long et doit être soigneusement fait. De nombreux raccords mécaniques ont été imaginés.

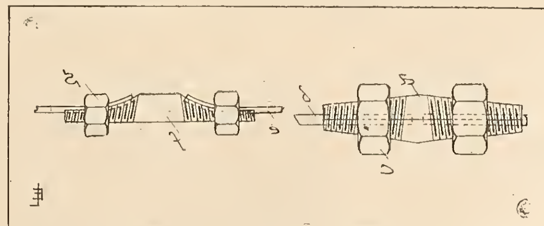


Fig. 9. — Manchons serre-fils.

Celui de la figure 9 comprend pour les gros fils deux 1/2 cylindres *a* filetés et coniques entre lesquels s'engagent les deux extrémités du fil *b*. Le serrage des 1/2 cylindres s'effectue à l'aide d'écrous C.

Pour les petits fils, on emploie un seul cylindre fileté *f* et portant une rainure. Les extrémités du fil *e* se resserrent dans les parties en pente, quand on serre les écrous. — (Brev. Fr. 496.150.) P. M.

L'ÉCOLE DE L'ÉLECTRICIEN

Enseignement pratique de l'électricité industrielle.

Nous rappelons que dans le but d'intéresser d'une façon particulière les lecteurs de cet enseignement à un travail suivi, qui puisse leur être réellement profitable, nous avons ouvert (1) entre eux un **CONCOURS**, *doté de* **PRIX**.

Des **MENTIONS** seront en outre délivrées à tous les participants dont les envois auront obtenu une moyenne au moins égale à la note 14.

Le JURY du concours est ainsi composé :

Président : M. H. PARODI, Ingénieur en Chef du Service Électrique de la Compagnie des chemins de fer d'Orléans.

Vice-Président : MM. SOUBRIER, professeur-adjoint d'Électricité Industrielle au Conservatoire national des Arts et Métiers, Rédacteur en chef de l'*Electricien.*

M. POMEY, Ingénieur en Chef des Télégraphes.

M. LEBAUPIN, chef du laboratoire électrotechnique des chemins de fer de l'Etat.

Mme RIVIÈRE, Ancienne Elève de l'Ecole normale supérieure (agrégée de l'Université).

M. GIBON, Rédacteur principal au ministère de l'Instruction publique.

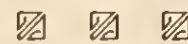
M. VERNEY, Chef du Laboratoire des Travaux Pratiques d'Electricité Industrielle du Conservatoire national des Arts et Métiers.

Professeur : M. R. SIVOINE, ingénieur E. T. P.

Secrétaire : M. FOURCAULT, secrétaire général de la Rédaction de l'*Electricien.*

Les *Réponses aux problèmes* proposés aux lecteurs forment le sujet de ce concours. Chaque abonné pourra envoyer *une* solution pour chacun des problèmes proposés dans un numéro de l'*Electricien.* Les solutions de chaque série devront être mises à la poste au plus tard *un mois* après la date du numéro dans lequel les problèmes auront paru.

Les lecteurs non-abonnés concourent pour les *Mentions*, les prix étant réservés aux abonnés.



SOMMAIRE : *Les deux lois de Kirchhoff concernant les courants dérivés et qui trouvent leur application dans les calculs des réseaux de distribution. Notions du potentiel. Exemple emprunté à l'hydraulique. Deuxième loi générale de Kirchhoff, exercices et problèmes proposés aux lecteurs.*

15. LOIS DE KIRCHHOFF — Nous continuons notre étude par les lois de Kirchhoff, très utiles pour comprendre ce qui se passe dans les réseaux alimentant des agglomérations, par exemple et généralement des circuits dérivés, déjà étudiés.

Première loi. — Dans les circuits dérivés que nous avons déjà vus, on peut calculer la valeur de résistances ou de courants au moyen de deux lois déduites de la loi d'Ohm et qu'on appelle lois de Kirchhoff.

La première loi est ainsi conçue :

Lorsque plusieurs conducteurs d'un circuit aboutissent à un même point, la somme des courants qui s'approche de ce point est égale à la somme des courants qui s'en éloignent.

C'est ce qui se passe, par exemple, en pratique, dans le cas de la figure 23, qui représente une tête de feeder, alimentant des branchements. AO est le feeder alimentant les branchements OB, OC, OD, où les courants sont respectivement : I dans le feeder OA; i_1, i_2, i_3 dans les branchements OB, OC, OD.

D'après le sens des flèches, nous voyons que le courant I s'approche de O et les courants i_1, i_2, i_3 s'en éloignent. Suivant la loi énoncée ci-dessus, on pourra donc écrire :

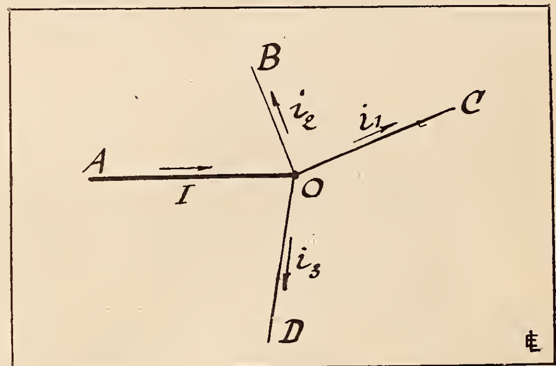


Fig. 23.

$$I = i_1 + i_2 + i_3.$$

Nous retrouvons ainsi la formule (26) du paragraphe 14.

Pour mieux saisir cette loi, nous pouvons encore avoir recours à l'hydraulique, en disant qu'il arrive au point O, par la conduite principale AO, autant d'eau qu'il en est demandé par les conduites secondaires OB, OC et OD.

(1) Voir *Electricien* du 15 janvier 1920.

Deuxième loi. — Cette loi est souvent utile. Bien que d'apparence compliquée, nous l'expliquons à nos lecteurs aussi simplement que possible pour leur en assurer le plus de profit. Pour la comprendre et pouvoir l'appliquer, il faut avoir recours à une démonstration que nous nous efforcerons de faire simple.

Avant d'aller plus loin, comme nous avons à employer ici la notion de *potentiel*, nous dirons un mot de ce qu'on entend par cette expression.

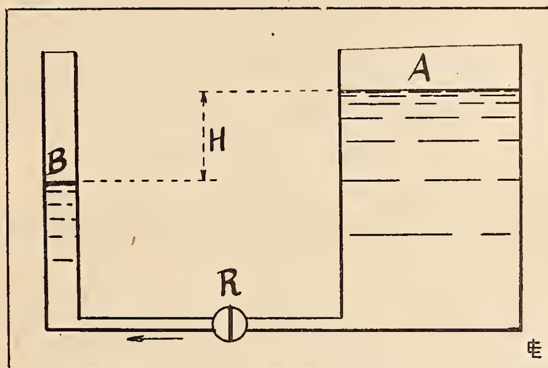


Fig. 24.

Considérons deux réservoirs A et B (fig. 24), communiquant à leur base par un tuyau, qu'intercepte un robinet R. Supposons les deux réservoirs à des niveaux différents, A étant au niveau le plus élevé. Si l'on ouvre le robinet R, l'eau va évidemment s'écouler du vase A vers le vase B. Pourquoi? Parce que le *niveau* de A est *plus élevé* que celui de B.

L'analogie est la même en électricité, en y remplaçant le mot *niveau* par *potentiel.*

Le point A (fig. 25) étant supposé au potentiel le plus élevé, si l'on ferme l'interrupteur I, l'électricité s'écoulera du point A, ou potentiel le plus élevé, vers le point B au potentiel supposé plus bas.

La *différence de niveaux H* des deux réservoirs est l'analogue de la *différence de potentiels* U entre les deux points A et B; d'où cette expression de *différence de potentiels.*

Lorsque les vases seront au même niveau,

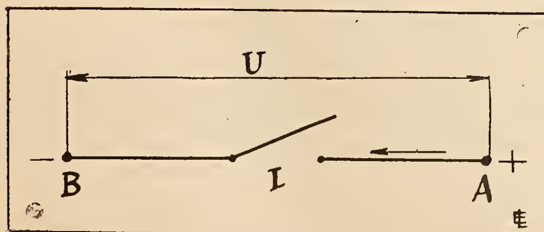


Fig. 25.

l'écoulement de l'eau de A vers B cessera, parce qu'il n'y aura plus entre eux de différence de niveau.

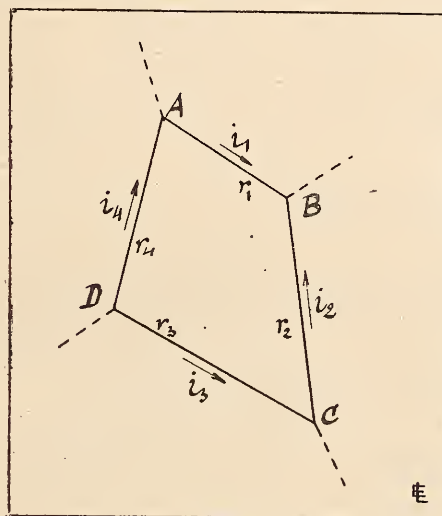
Par analogie, en électricité, si le point B vient à être porté au même potentiel que le point A, il n'y aura plus de circulation de courant de A vers B, la différence de potentiel étant nulle.

Ceci compris, nous représenterons par A le potentiel du point A, supposé le plus élevé, et par B le potentiel du point B. On voit alors que la différence de potentiel entre les deux points A et B sera exprimée par A — B. Appelons U cette différence de potentiels (voir paragraphe 12), nous avons alors :

$$A - B = U.$$

Considérons maintenant le réseau en quadrilatère A B C D (fig. 14), faisant partie d'un réseau plus étendu, comme l'indiquent les traits en pointillés.

Appelons i_1, i_2, i_3, i_4 les courants dans les conducteurs AB, BC, CD, DA de résistances respectives r_1, r_2, r_3, r_4. Les courants ont les sens indiqués par les flèches. Enfin, désignons par A, B, C, D les potentiels aux points A, B, C, D.



Fig, 26.

Nous appliquons la loi d'Ohm à chaque conducteur :

Conducteur A B. — La différence de potentiels A — B entre A et B, que nous appellerons aussi U_1, fait circuler dans la résistance r_1 le courant i_1, on a donc alors :

$A - B = r_1\ i_1$ ou $U_1 = r_1\ i_1$ (on peut aussi dire que $U_1 = A - B$).

Conducteur B C. — Nous aurons également, mais en remarquant que le sens du courant i_2 est inverse de i_1 dans le conducteur B C :

$C - B = r_2\, i_2$ ou $U_2 = r_2\, i_2$.

Conducteur C D. — Comme précédemment, on aura, eu égard au sens du courant :

$D - C = r_3\, i_3$ ou $U_3 = r_3\, i_3$.

Conducteur DA. — Enfin, pour DA on a :

$D - A = r_4\, i_4$ ou $U_4 = r_4\, i_4$.

D'après le sens des flèches, remarquons que les tensions U_1 et U_4 sont de même sens et les tensions U_2 et U_3 sont de sens contraire aux précédentes. Pour cette raison, nous ferons précéder U_2 et U_3 du signe — (moins), soit $-U_2$ et $-U_3$. On aura dans l'ensemble :

$$U_1 = r_1\, i_1,$$
$$-U_2 = -r_2\, i_2,$$
$$-U_3 = -r_3\, i_3,$$
$$U_4 = r_4\, i_4.$$

Additionnons ces quatre égalités, nous aurons :

$$U_1 - U_2 - U_3 + U_4 = r_1\, i_1 - r_2\, i_2 - r_3\, i_3 + r_4\, i_4 \quad (1)$$

Mais nous venons de voir que :

$U_1 = A - B$,

De même : $U_2 = B - C$,

$U_3 = D - C$,

$U_4 = D - A$,

Si nous remplaçons alors U_1 par $A - B$, U_2 par $B - C$, U_3 par $D - C$ et U_4 par $D - A$ dans la formule (1) ci-dessus, nous obtiendrons la nouvelle formule : $A - B - (C - B) - (D - C) + D - A = r_1\, i_1$

$r_2\, i_2 - r_3\, i_3 + r_4\, i_4$.

ou encore celle-ci :

$$A - B - C + B - D + C + D - A = r_1\, i_1 - r_2\, i_2 - r_3\, i_3 + r_4\, i_4.$$

On voit que l'on a d'un côté les lettres A, B, C, D deux à deux de signes contraires : A et — A, B et — B, C et — C, D et — D, elles se détruisent donc deux à deux et leur somme est alors égale à 0. On a donc finalement la formule :

$$r_1\, i_1 - r_2\, i_2 - r_3\, i_3 + r_4\, i_4 = 0,$$

qui résume la deuxième loi de Kirchhoff ainsi conçue :

« *Dans un circuit fermé, parcouru par des courants de sens différents, la somme des produits de résistance des différents conducteurs par les courants qui les parcourent est constamment nulle.* »

Remarque. — Observons bien que les signes qui, dans les formules ci-dessus, différencient les produits $r\, i$ les uns des autres proviennent des sens différents des courants dans le circuit considéré.

Solution des problèmes proposés aux lecteurs.

Problème 6. — Nous rappelons avoir vu un problème analogue, c'est le n° 6, donné précédemment.

La force vive du rotor est donnée encore ici par l'expression $\frac{1}{2}\omega^2 I$ et le moment d'inertie du rotor par rapport à son axe, avec un rayon r, par $I = Mr^2$, de sorte que l'expression de la force vive devient : $\frac{1}{2}\omega^2 M r^2$. Mais remarquons que cette expression peut s'écrire : $\frac{1}{2} M\omega^2 r^2$ et que $\omega^2 r^2 = V^2$, c'est-à-dire le carré de la vitesse V. L'expression de la force vive se présente donc sous la forme : $\frac{1}{2} MV^2$. Nous retrouvons ainsi l'expression générale.

Le travail emmagasiné dans le rotor sera donc, avec $M = \frac{15.000}{9,81}$ et $V = 22$ mètres.

$$P = \frac{1}{2} \times \frac{15.000}{9,81} \times 22^2 = 363.000 \text{ kilogrammètres,}$$

Si l'admission de vapeur est brusquement supprimée, cette force vive sera absorbée par le frottement des tourbillons dans les coussinets, seuls frottements considérés.

Nous savons, pour l'avoir vu précédemment, que le travail du frottement pour un tour est donné par : $Tf = 2\pi \times R\, Q \times f$.

Si nous considérons donc que $R = 0^m,125$, $Q = 15.000$ kgs et $f = 0,18$, le travail du frottement sera de :

$Tf = 2\pi \times 0,125 \times 15.000 \times 0,18 = 2.120$ kilogrammètres, à peu près.

Comme le travail emmagasiné, obtenu ci-dessus, est de 363.000 kilogrammètres, le rotor fera, évidemment, puisque 2.120 est le travail absorbé par tour :

$$\frac{363.000}{2.120} = 170 \text{ tours, environ.}$$

Problème 7. — 1° 1 watt correspond à 1 joule-seconde. 350.000 watts correspondent donc à $1 \times 350.000 = 350.000$ joules-seconde.

Pendant 1 heure ou 3.600 secondes, le travail produit sera :

$$(350.000 \times 3.600) \text{ joules.}$$

Pendant 8 heures, il sera :

$$350.000 \times 3.600 \times 8 = 1.008.000 \text{ joules.}$$

1 kilogrammètre valant 9 joules 81, la génératrice aura fourni au bout de 8 heures un travail de :

$$\frac{1.008.000}{9,81} = 1.008.000 \text{ kilogrammètres, à très peu près.}$$

2° La puissance de la génératrice en chevaux est : $350 \times 1,36 = 476$ chevaux ou :

$$\frac{350.000}{736} = 476 \text{ chevaux.}$$

Problème 8. — D'après le tableau des unités, 10^8 unités C. G. S. représentent 1 volt; donc, 12.500.000 unités représentent :

$$\frac{12.500.000}{10^8}, \text{ soit } 0,125 \text{ volts.}$$

Problème 9. — La quantité d'électricité est exprimée par la formule (15) : $Q = I \times t$. Or, ici Q est exprimé en coulombs; il faudra alors exprimer I aussi en coulombs, et l'on aura :

$$5.040.000 = 200 \times 3.600 \times t,$$

d'où l'on déduit :

$$t = \frac{5.040.000}{200 \times 3.600} = 7 \text{ heures.}$$

Problème 10. — La formule connue (17) nous donne la section S, qui est exprimée par :

$$S = a\frac{l}{R}$$

On a donc :

$$S = \frac{1}{60} \times \frac{8.400}{2,8} = 50 \text{ millimètres carrés.}$$

En consultant les tables des sections des fils, cette section correspond à un diamètre de 8 millimètres.

Problème 11. — D'après la formule (17) $R = a\frac{l}{S}$ donnant la résistance d'un conducteur, on pourra trouver la résistivité demandée. On écrira cette formule sous la forme

$$a = R\frac{S}{l}$$

Il faut connaître la section S qui n'est pas donnée c'est 44 millimètres carrés 15. On aura donc :

$$a = \frac{31,6 \times 44,15}{18.620} = 0,075 \text{ ohm.}$$

Telle est la résistivité du bronze à employer.

Problème 12. — Dans la formule $R = a\frac{l}{S}$ donnant la résistance, il nous manque, pour calculer R, la valeur de la section S. Mais nous pouvons la déduire des données particulières du problème : courant transporté, 90 ampères; densité admise, 1,5 ampère.

D'après la formule (16) $\frac{I}{S}$, on a : $\frac{90}{S} = 1,5$ ampère, c'est-à-dire $S = \frac{90}{1,5}$, soit 60 millimètres carrés.

Nous pouvons alors achever notre calcul et nous trouvons :

$$R = 0,01584 \times \frac{12.300}{60} = 3 \text{ ohms, } 25.$$

Problème 13. — Nous désignerons par u la valeur de la tension que nous cherchons. La chute de tension totale sera alors 5 0/0 du u, soit $0,05 \times u$. Nous avons vu, d'autre part, que cette même chute de tension est exprimée en partant de la formule (20). Nous pourrons donc écrire :

$$a\frac{l}{S} I = 0,05\,u,$$

c'est-à-dire ici, avec $a\frac{1}{54}$, $l = 324$ mètres, $S = 18$ millimètres carrés et $I = 16$ ampères 5 :

$$\frac{1}{54} \times \frac{324}{18} \times 16,5 = 0,05 \times u.$$

Nous obtenons alors facilement la valeur de u qui est :

$$u = \frac{324 \times 16,5}{54 \times 18 \times 0,05} = 110 \text{ volts.}$$

Problème 14. — Calculons la perte de tension en ligne, c'est 10 0/0 de 460 volts, soit : $460 \times 0,1 = 46$ volts.

La formule (20) : $u = a \times \frac{l}{S} \times I$, nous donne alors, avec des données : $u = 46$ volts, $a = \frac{1}{54}$, $l = 756$ mètres et $I = 50$ ampères.

$$46 = \frac{1}{54} \times \frac{756}{S} \times 50, \text{ c'est-à-dire :}$$

$$S = \frac{1}{54} \times \frac{756}{46} \times 50 = 152 \text{ millim. carrés à peu près.}$$

R. Sivoine,
ingénieur E. T. P.



Notre Concours.

Le Jury dont nous donnons ci-dessus la composition va examiner de nombreuses questions que pose le développement de notre concours, ainsi que celles qui nous sont soumises par les concurrents, ou par les lecteurs qui s'intéressent à l' « Ecole de l'Electricien ».



TRIBUNE DES ABONNÉS

DEMANDES

N° 56. — Qui fabrique des petits tours à bobiner les petits appareils électriques ?

N° . 57— Pourriez-vous m'indiquer où je pourrais trouver des lampes de 35 à 37 volts à filaments métalliques, de 16, 25 et 32 bougies?

Ayant depuis dix ans une installation électrique à bas voltage, je ne trouve plus de lampes pour ce voltage.

Mazda-Z. m'ont répondu ne pouvoir livrer avant fin 1920!

HURTAULT,
12, rue Saint-Jean, à Chartres,
(Eure-et-Loir.)

N° 58. — Est-il exact qu'il existe un appareil rotatif à bagues (dénommé, paraît-il, panchahuteur Hutin-Leblanc) destiné à transformer le courant triphasé en courant continu ? — 2° Sur quel principe est basé cet appareil ? — 3° Peut-on le construire pour toutes puissances ?

T., *à Joinville.*

N° 52. — Votre abonné posant la question n° 52 n'a certainement jamais construit la machine dont il indique la théorie, car il aurait vu qu'elle ne pouvait fonctionner.

Son erreur est due à un enseignement défectueux des phénomènes de l'induction : en effet, beaucoup d'ouvrages enseignent qu'il y a production d'une F. E. M. quand un conducteur coupeun flux magnétique.

Que tous ceux qui enseignent l'électricité ne parlent donc plus du « flux coupé » expression impropre, mais expliquent qu'une F. E. M. est produite dans un circuit ou plus simplement dans une spire par la *variation* du flux dans cette spire.

Partant de là, il n'y a production de F. E. M. que si le flux varie dans la spire, peu importe que certaines parties de cette spire coupent le flux.

Pour produire un courant continu, il faut donc que le flux varie d'une manière continue dans la spire et toujours dans le même sens.

Fig. 1.

En conséquence, il n'y a que deux manières de produire un courant continu dans une spire :

1° Soit que le flux croisse indéfiniment, ce qui est matériellement impossible.

2° Soit que la surface de la spire croisse indéfiniment, ce qui est réalisable et réalisé dans les machines unipolaires.

Supposons, par exemple, un disque isolant sur lequel est un conducteur A B (fig.) relié à 2 bagues sur lesquelles frottent 2 balais C et C', l'ensemble tournant dans le sens de la flèche et excité par un champ magnétique perpendiculaire au plan du disque.

Si nous considérons le temps où le conducteur passera de la position A' B' à la position A B, la surface embrassée par le circuit aura augmenté du secteur A'B'B A et le flux d'une quantité proportionnelle.

Comme la surface croît indéfiniment par la rotation, le circuit ABCDC' sera parcouru par un courant continu, la F. E. M. étant $E = \varphi n$, n le nombre de tours par seconde et ψ le flux traversant le disque.

Toute solution analogue donnera le même résultat, toute solution dont la spire est constante ne donnera rien.

J. GOUSSIN.

N° 45. — Conductibilité des sulfures :

	Point de fusion.	Résistivité en ohm. cm.	Coefficient de température	Références.
Sulfure cuivreux Cu^2S.	1100 : (a)	10^2	$+ 5.10^{-4}$ à 0°	Streing. 1903
Chalkosine Cu S......	facilement fusible au chalumeau.			
Sulfure ferreux Fe S...	....	$1,1 \times 10^{-1}$	$— 80.10^{-4}$ à 0°	Guinchaut. 1902
Bisulfure de fer $Fe S^2$..	....	1,5	$— 55 \times 10^{-4}$ à 20°	Van Aubel. 1902
Sulfure de plomb......	1015° (b) 1114° (c)	3×10^{-4}	$+ 50.10^{-4}$ à 0°	Van Aubel. 1902
Galène..............	830° (d)			
Sulfure stanneux......	....	1×10^3	$— 66.10^{-4}$ à 0°	Guinchaut. 1902
Sulfure d'argent......				

Références : *a)* Le Châtelier, 1887; *b)* Guinchaut, 1902; *c)* Biltz, 1908; *d)* Brun, 1902.

Le Gérant : L. DE SOYE.

35e Année. — N° 1246. 15 Février 1920.

L'ÉLECTRICIEN

Revue Internationale de l'Électricité & de ses applications

PARAISSANT LE 1er ET LE 15 DE CHAQUE MOIS

Rédacteur en Chef : Maurice SOUBRIER

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

PROFESSEUR ADJOINT D'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

SOMMAIRE

PRATIQUE INDUSTRIELLE

Transformation d'un alternateur de 600 KVA

DE 500 VOLTS A 220 VOLTS

Les difficultés de la situation industrielle actuelle feront apprécier l'intérêt que présente l'étude ci-après, où l'auteur expose une méthode rationnelle de transformation d'un alternateur établi normalement pour une certaine tension, de façon qu'il puisse être utilisé en donnant une tension différente, sans refaire complètement le bobinage.

Un problème se pose très souvent dans l'industrie : on cherche un alternateur d'une puissance P à une tension U. Il est utile de trouver rapidement cet alternateur, car on en a un besoin pressant pour une installation (1). Or, les sociétés importantes de construction n'ont pas souvent en stock des alternateurs d'une puissance déterminée et demandent pour la fourniture de ceux-ci un délai de plusieurs mois. On se voit donc obligé de chercher un alternateur d'occasion devenu disponible par suite de certaines circonstances. Mais il se peut que cette machine soit faite pour une tension U′ différente de la tension U dont on a besoin et qu'on ne trouve pas d'alternateur à la tension U.

Le problème se pose donc ainsi : est-il possible d'utiliser cette machine pour la tension U non pas par un rebobinage complet qui serait long et très coûteux, mais par un simple groupement des bobines ?

Une étude théorique, d'ailleurs très simple, s'impose donc dès le début, pour savoir si cette transformation est possible. Ensuite, s'il y a possibilité, on étudie, au point de vue pratique, le moyen le plus rationnel et le plus facilement réalisable de faire la transformation.

Dans tous les cas, nous voulons insister sur ce

(1) Le cas d'urgence extrême s'est posé dans les dernières années et se pose encore actuellement en raison du manque de charbon qui entraîne les secteurs à limiter la puissance distribuée et à modifier le régime de la distribution. D'autre part, en raison des aléas créés par cette situation (certains jours il y a « panne » complète), on conçoit tout l'intérêt qu'ont certains grands industriels à installer chez eux des centrales avec moteurs à pétrole ou à huile lourde.

fait souvent ignoré de certains techniciens eux-mêmes : un alternateur à une tension U peut être souvent utilisé après une modification, en somme très simple, pour fournir une tension très différente U'.

Nous allons traiter la question sur un exemple.

***

La Société des Forces motrices du Refrain ayant été obligée de réduire la consommation du courant chez ses abonnés, les Etablissements Vermot, Valère, Mabillé et Pelgrins de Chatenois (territoire de Belfort) s'étaient vus eux-mêmes forcés d'installer dans leurs usines un groupe électrogène pour l'alimentation des moteurs électriques commandant les différentes machines-outils.

Comme moteur, nous avions fait le choix d'un moteur Diesel 600 HP à 175 t : m., construction Sulzer, à cause de la facilité relative avec laquelle on se procurait à l'époque de l'huile lourde de goudron et de la difficulté qu'il y avait au contraire à se procurer du charbon.

Comme alternateur, après des recherches assez longues, nous avions trouvé en Italie un alternateur de 600 K V A — 500 volts à 150 t : m.

Or la Société des Forces motrices du Refrain fournissait du courant basse tension triphasé à 220 volts et, par conséquent, tous les moteurs triphasés de l'installation étaient prévus pour une tension d'alimentation de 220 volts. D'ailleurs il importait de pouvoir alimenter par la suite soit par la nouvelle centrale intérieure soit par le Refrain.

Donc, il était absolument indispensable d'avoir un alternateur fonctionnant à 220 volts (1).

Transformation d'un alternateur 600 K V A — 500 volts — 50 périodes — 150 t : m en un alternateur à 220 volts.

Etude théorique. — Caractéristiques de l'alternateur.

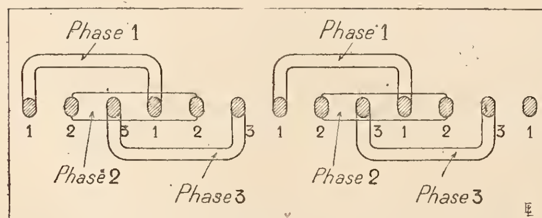


Fig. 1.

Cet alternateur avait les caractéristiques suivantes :

40 pôles.

Bobines disposées sur 3 couches (fig. 1).

Le bobinage normal comprend :

20 bobines par phase (au total 60 bobines).

Le nombre d'encoches est donc :

4 × 20 + 2 × 20 = 120 encoch.

20 Bobines d'une même phase, 4 encoches par bobine. — 2 encoches entre 2 bobines d'une même phase qui se suivent. 20 intervalles.

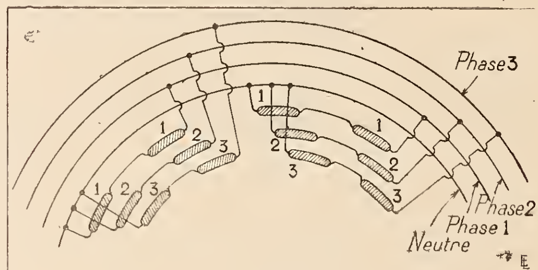


Fig. 2.

Dans le bobinage normal pour 500 volts chaque phase comprend :

5 groupes de 4 bobines en série, ces 5 groupes étant montés en parallèle.

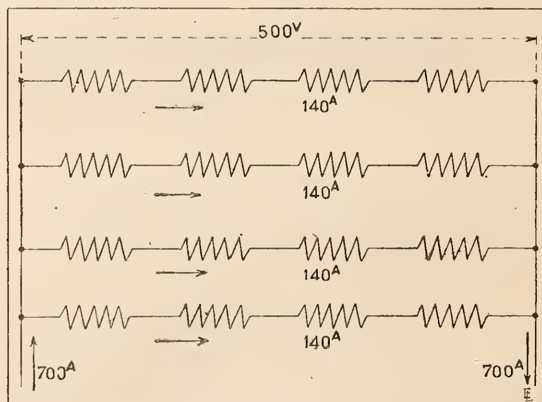


Fig. 3.

Ce bobinage est en *étoile* avec point neutre. Les connexions sont faites en câbles. Le neutre est un câble à 2 conducteurs.

Si un groupe de 4 bobines en série donne 500 volts (tension étoilée) chaque bobine donne :

$$\frac{500}{4} = 125 \text{ volts.}$$

(1) C'est à dessein que nous posons entièrement le problème tel qu'il s'est présenté à nous au point de vue pratique et industriel.

2 bobines en série donneront donc :

$$125 \times 2 = 250 \text{ volts.}$$

En fonctionnant à excitation assez faible, on pourra donc arriver à avoir 220 volts. En effet,

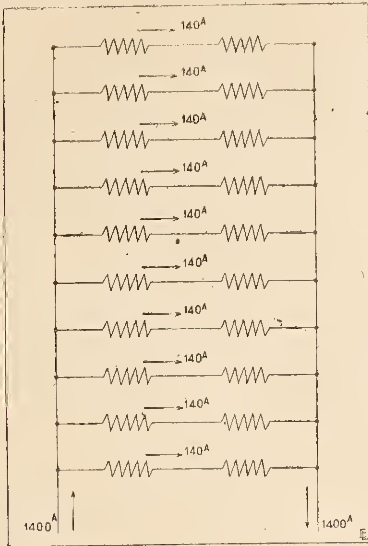


Fig 4.

pour avoir 500 volts avec le bobinage normal, le fer est toujours assez saturé afin d'obtenir une stabilité de voltage suffisant ; à tension normale et à pleine charge, l'excitation est donc toujours assez poussée.

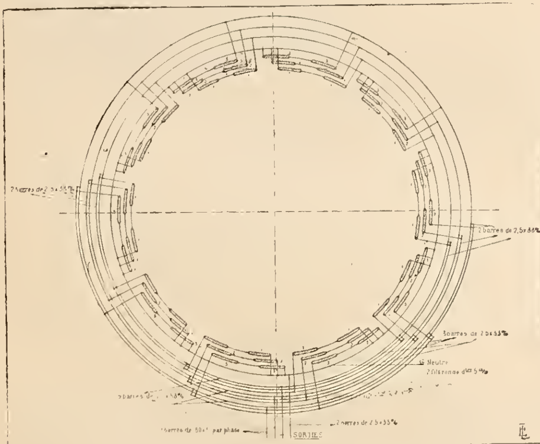


Fig. 5.

En somme, on a toute facilité d'agir sur le rhéostat d'excitation de l'alternateur et, si cela ne suffit pas, sur le rhéostat de champ de l'excitatrice.

Donc, il suffit, pour arriver au but cherché, de coupler les bobines *par 10 groupes de 2 bobines en série* **sur chaque phase**. Ces dix groupes étant montés en parallèle (fig. 2). Les 3 phases sont naturellement montées en étoile avec point neutre comme dans le bobinage normal.

* * *

Il est utile de calculer la puissance maximum que pourra fournir l'alternateur ainsi modifié sans danger d'échauffement.

Dans le cas du *bobinage normal* donnant 500 volts on a, comme nous l'avons dit, 5 groupes de 4 bobines en serie, montés en parallèle (fig. 3).

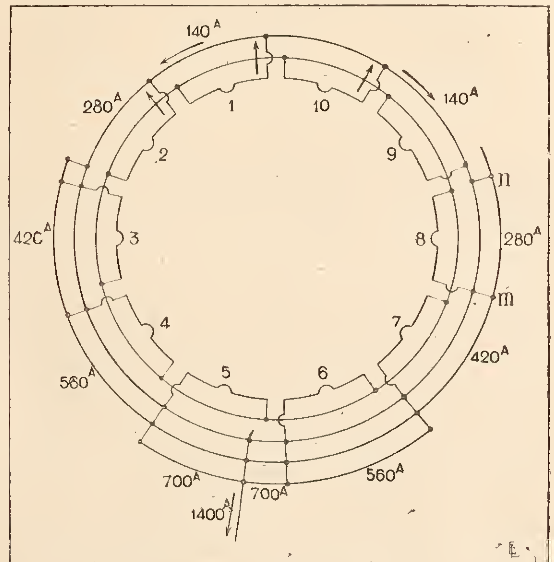


Fig. 6.

L'intensité par phase est de :

$$I = \frac{600.000}{500 \times \sqrt{3}} = 690 \text{ ampères.}$$

Chaque groupe de 4 bobines en série fournit donc :

$$\frac{690}{5} = 140 \text{ ampères (en chiffres ronds).}$$

C'est l'intensité qui traverse *chaque bobine* à pleine charge pour un échauffement normal.

Cette intensité doit être conservée dans l'alternateur modifié, puisque la section de cuivre a été prévue en conséquence.

Dans l'alternateur modifié nous avons 10 groupes de 2 bobines en série, montés en parallèle (fig. 4). La tension fournie sera 220 volts.

Chaque groupe doit être traversé par un courant maximum de 140 ampères.

D'où pour les 10 groupes 1.400 × 10 = 1.400 amp.

La puissance maximum sera donc :

1.400 amp × 220 v. × $\sqrt{3}$ = 535.000 volts-amp
Soit 535 K. V. A.

***

Réalisation pratique. Schémas de connexions. — Le plan (fig. 5) représente le schéma complet des connexions pour l'alternateur modifié, tel que nous l'avons remis au bobinier chargé de ce travail.

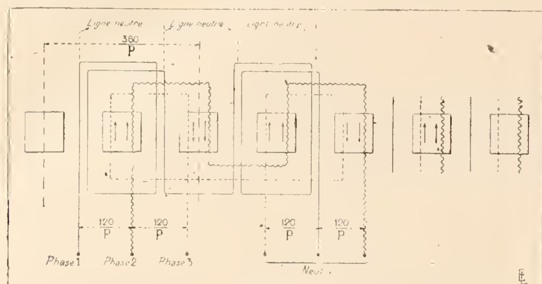


Fig. 7.

Il faut, à cet effet, défaire les connexions existantes de façon à ne laisser subsister que les sorties de chaque bobine. Le moyen le plus pratique de réaliser la mise en parallèle, c'est ensuite de monter des cercles de cuivre sur tout le pourtour de l'alternateur auxquels sont connectés les groupes de 2 bobines montées en série.

Le neutre est représenté sur le schéma par le cercle le plus rapproché du centre.

Il faut tenir compte pour les sections à adopter des intensités circulant dans les différentes parties du cercle de cuivre.

Les orties se font dans le bas au moyen de barres de cuivre de section rectangulaire.

Les intensités sont réparties de la façon suivante : En considérant une seule phase (fig. 6) on a, en partant du haut et en suivant l'ordre de succession des groupes de bobines vers la gauche : 140 amp. — 280 amp. — 420 amp. — 560 amp. — 700 amp. Ces intensités se répètent symétriquement du côté droit.

Nous avons trouvé immédiatement disponible la barre de 2,5 × 33^{mm} (section 83 mm²). Nous avons donc constitué la mise en parallèle :

1° Pour les groupes 2, 1, 10 et 9 par un seul cercle en barre de 2,5 × 33.

Densité au commencement de la bobine 1 ou après la bobine 10 vers la droite.

$$\frac{140}{83} = 1{,}7 \text{ amp./mm}^2.$$

Densité à la fin de la bobine 2 ou après la bobine 9.

$$\frac{280}{83} = 3{,}5 \text{ amp./mm}^2,$$

d'où une densité moyenne de 2,6 amp./mm², ce qui n'a rien d'exagéré.

2° Pour les groupes 3,4 — 7 et 8 — par 2 cercles en barre de 2,5 × 33.

Les densités maximum et par conséquent la densité moyenne sont identiques.

Remarque. — On pourrait en somme ne commencer le deuxième cercle qu'en *m* au lieu de le commencer en *n* (fig. 6). Le schéma général, plan n° 4.510 (fig. 5) est représenté ainsi. Le calcul n'est donc absolument exact que pour les groupes de gauche. Il y a une dissymétrie à cause de la répartition des courants. De toute façon, pour plus de symétrie et de sécurité, nous commençons le deuxième cercle en *n* et nous supposons que tout se passe comme si les densités étaient les mêmes à droite et à gauche. Elles sont *moins élevées* sur la partie droite. Donc il n'y a pas d'inconvénient.

3° Enfin pour les groupes 5 et 6 par 3 cercles en barres de 2,5 × 33.

La densité maximum est dans ce cas :

$$\frac{700}{3 \times 83} = 2{,}7 \text{ amp./mm}^2.$$

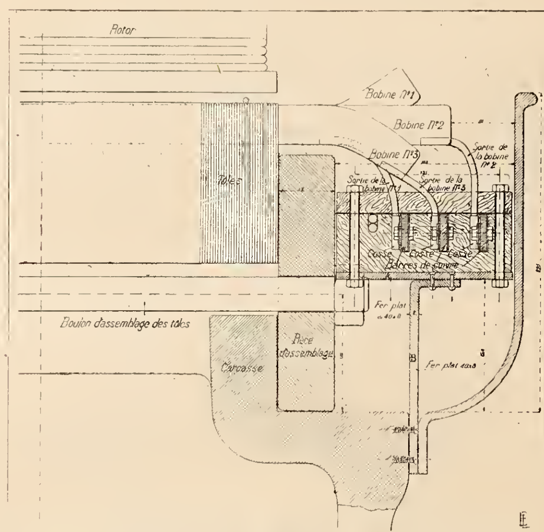


Fig. 8.

Le neutre est constitué par 2 fils ronds de 8 mm de diamètre. Section totale : 100 mm².

Enfin pour les sorties on emploie pour chaque phase 2 barres de 60 × 5 mm pour le neutre, 2 barres de 2,5 × 33 mm.

***

Nous avons donné dans le plan (fig. 5) le schéma général. Mais il faut apporter une attention très spéciale à la succession des sorties,

Il faut en effet qu'il y ait un « intervalle » de $\frac{120^\circ}{p}$ entre chacune des sorties, si nous appelons $2p$ le nombre de pôles.

En représentant le stator développé comme nous l'avons fait dans la figure 7, les sorties devront s'effectuer dans une succession déterminée et il s'agit de ne pas établir de confusion. Le moyen le plus simple consiste à faire un schéma avec des sens de courant en numérotant les phases et les sorties de chaque bobine.

Il faudrait donc compléter la figure 7 pour établir un schéma tout à fait complet. Mais, en fait, il suffit de commencer correctement le rebobinage, c'est-à-dire les connexions des sorties aux cercles de mise en parallèle, car lorsqu'on a couplé 1 série de bobine de chaque phase, on reproduit le même ouplage autant de fois qu'il y a de séries.

***

Fixation des cercles de mise en parallèle. — Le plan (fig. 8) représente la fixation des cercles de mise en parallèle.

La coupe A B (voir plan, fig. 10) est faite dans le bas de l'alternateur, c'est-à-dire à l'endroit où 3 cercles sont nécessaires comme cela a été expliqué plus haut .

Les barres représentées ici sont donc en fait 3 barres de 2,5 × 33 mm accolées ayant ainsi une épaisseur totale de 7,5 mm.

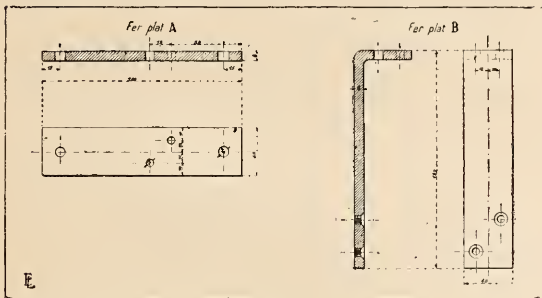


Fig. 9.

Ces barres sont logées dans des blocs de bois constitués par 2 pièces distinctes, ainsi que le neutre composé de 2 fils de 8 mm de diamètre.

Les blocs de bois sont placés entre la plaque de garde de l'alternateur que l'on voit représentée sur le côté droit et la pièce d'assemblage des tôles du stator située sur la gauche. Ils sont maintenus par un fer plat A et par un fer plat B coudé à angle droit. Ce fer B est fixé lui-même d'une part au fer A — et d'autre part à la carcasse.

Le bloc de bois inférieur est serré entre le bloc supérieur et le fer plat A par 2 boulons de 8 mm de diamètre.

Le plan (fig. 9) représente le détail des fers plats.

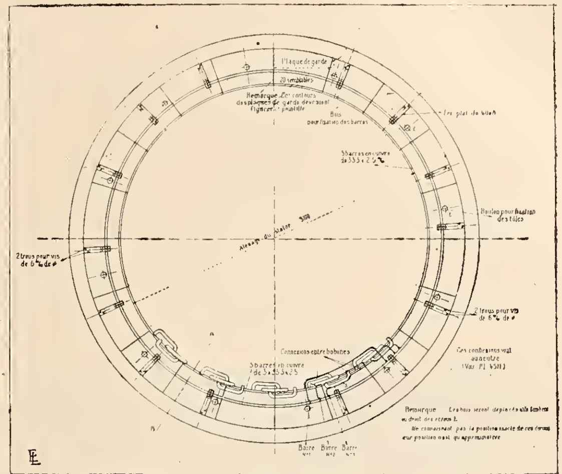


Fig. 10.

On a choisit du fer plat de 40 × 8 mm. A et B sont fixés par des rivets de 7 mm.

B est fixé à la carcasse par des vis de 6 mm. de diamètre.

Les logements des barres en cuivre doivent évidemment être proportionnés à l'épaisseur totale des barres accolées.

Nous avons, à cet effet, remis également au bobinier un détail des bois qui ne diffèrent d'ailleurs que par la largeur des logements.

Le plan (fig. 10) représente une vue générale de l'alternateur montrant la position respective des bois et des fers plats servant à fixer les barres de cuivre.

D'après la position des bois ainsi représentée, nous savons donc s'ils doivent être utilisés pour le logement de 1, 2 ou 3 barres de 2,5 × 33 mm.

Nous avons déterminé ces positions de telle sorte que les fers plats ne viennent pas coïncider avec les têtes de boulons de fixation des tôles.

Dans les plaques de garde, aux endroits indiqués, on doit faire des trous pour vis de 6 mm. de diamètre nécessaires à la fixation des fers plats.

Quelques détails pratiques sur le matériel nécessaire à la modification :

Longueur des barres de cuivre nécessaires à la mise en parallèle.

L'alésage du stator étant de 3m,100, nous avons déterminé, d'après le plan (fig. 8) que le diamètre moyen des cercles de mise en parallèle était d'en-

viron $3^m,300$. (On a, en effet, 15 cent. de part et d'autre depuis le bas des tôles du stator jusqu'à l'axe des barres.)

Un groupe de 2 bobines en série (voir fig. 6) forme le $\frac{1}{10}$ de la circonférence.

Donc la partie des cercles correspondant à 1 groupe de 2 bobines a une longueur de :

$$\frac{3{,}14 \times 3^m{,}500}{10} = \frac{10^m{,}500}{10} = 105 \text{ c/m.}$$

On a donc pour *une moitié* d'alternateur et pour 1 *phase* (voir fig. 6) :

2×105 cm	$= 2^m,10$	2 groupes	— 1 barre.
4×105	$= 4^m,20$	2 groupes	— 2 barres,
3×105	$= 3^m,15$	1 groupe	— 3 barres.
Total	$9^m,65$		

Pour l'alternateur entier et pour 1 phase :

$$9{,}65 \times 2 = 19^m{,}30.$$

et pour les 3 phases :

$$19^m{,}30 \times 3 = 58 \text{ mètres.}$$

Soit 60 mètres de barre de $2{,}5 \times 33$ mm.

Pour le neutre, nous avons :

$2 \times 3{,}14 \times 3^m{,}300 = 10{,}500 \times 2 = 23$ mètres.

Mettons 24 mètres de fil rond de 8 mm.

Boulons. — Comme on le voit sur le plan (fig. 8), les sorties des bobines sont connectées aux barres au moyen de cosses. Ces cosses sont serrées sur les barres par des boulons. La partie des cosses qui est serrée a une épaisseur de 2 mm environ.

Pour chaque groupe de 2 bobines nous avons 2 sorties, une connectée au neutre et l'autre à la phase correspondante.

Pour chaque phase, on a donc 10 sorties par phase à connecter, soit pour les 3 phases :

$$10 \times 3 = 30 \text{ sorties.}$$

Serrage pour 1 *barre* : Epaisseur de 1 barre + épaisseur de 1 cosse + rondelle

$$= 2{,}5 \times 2 + 1{,}5 = 6 \text{ mm.}$$

Par phase on a donc en se servant toujours de la figure 6, c'est-à-dire en comptant les épaisseurs suivant que l'on ait 1, 2 ou 3 barres :

4 boulons de 6 mm de diamètre et 6 mm de serrage.

4 boulons de 6 mm de diamètre et 8,5 de serrage.

2 boulons de 6 mm de diamètre et 11 mm de serrage.

Donc au total on a pour les 3 phases :

12 boulons de 6 mm de diamètre et 6 mm de serrage.

12 boulons de 6 mm de diamètre et 8,5 mm de serrage.

6 boulons de 6 mm de diamètre et 11 mm de serrage.

Pour les sorties, on prévoit, en outre :

12 boulons de 7 mm de diamètre et 20 mm de serrage.

(3 barres de 2,5 mm d'épaisseur + 2 barres de 5 mm d'épaisseur + rondelle).

L'alternateur ainsi modifié a été installé avec une excitatrice à courant continu de 20 kw, 110 v. En baissant un peu l'excitation normale, on est arrivé très facilement à obtenir 220 volts aux bornes de l'alternateur. Une fois modifié et séché, cet alternateur a donné entière satisfaction et il fonctionne depuis deux ans environ.

Léon Depierris,
Ingénieur E. S. E., ancien professeur d'essais de machines à l'École Bréguet.

La reconstruction des usines d'électricité
DE LA RÉGION VALENCIENNES-ANZIN

On est souvent porté à critiquer un certain manque d'activité dans nos entreprises industrielles. Il est d'autant plus réconfortant de constater des exemples contraires, comme la reconstitution, en six mois, de l'importante Centrale de Valenciennes. La courte note que nous publions suffira aux techniciens pour apprécier l'importance d'un tel travail.

LES USINES AVANT LA GUERRE

La Société d'électricité de la région de Valenciennes-Anzin, au milieu de l'année 1914, avait à peu près terminé complètement toutes ses nouvelles installations électriques dans le centre si industriel de Valenciennes et environs.

a) Centrale. — Une Centrale était installée avec tous les derniers perfectionnements modernes, au nord de Valenciennes, le long du bras de décharge de l'Escaut.

L'équipement comportait 4 turbo-alternateurs, 1.500 tours, 6.000 kw, tous en ordre de marche; les services auxiliaires étaient alimentés par des

turbo-pompes. Tous les transports de charbon étaient prévus, bien entendu, de façon automatique.

b) *Sous-stations.* — 5 sous-stations importantes pour l'usage des chemins de fer économiques du Nord avaient été construites en des points déterminés avec un ensemble de machines comprenant 12 commutatrices hyper-compound de 350 kws, 750 tours, sans pôles auxiliaires. Ces machines avaient donné toute satisfaction.

L'ensemble de ces usines était complété par 35 maisons ouvrières de contremaîtres installées soit aux abords de la Centrale, soit à côté des sous-stations.

c) *Réseaux.* — Un réseau de câbles souterrains très dense desservant les régions de Blanc-Misseron, de Condé et de Vieux-Condé, de Saint-Amand,

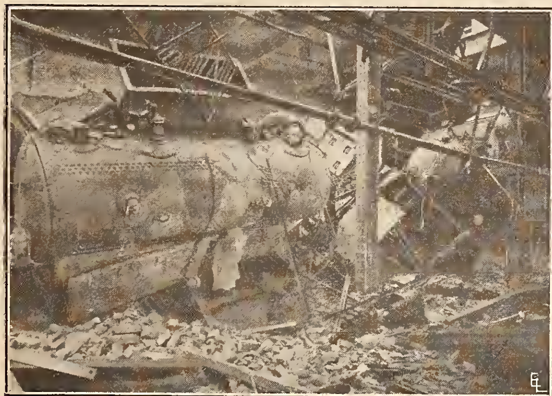


Fig. 1. Centrale de Valenciennes.
Vue intérieure des chaufferies au 11 novembre 1918.

de Denain et toute la partie Sud-Est avait été prévu et 90 % de tous les câbles étaient posés, 120 cabines de transformation, tant pour l'éclairage et la force motrice des communes que pour les besoins propres des industriels, étaient achevées.

DEGATS ET VOLS COMMIS PAR L'ENNEMI

Au départ des Allemands, la Société a retrouvé toutes ses installations dans un état lamentable. Tout avait été détruit systématiquement. Un turbo-alternateur avait été dynamité, les 3 autres enlevés et transportés en Allemagne.

Les services auxiliaires, toutes les chaudières et des parties importantes des charpentes avaient été dynamités (fig. 1).

Le réseau avait été débité dans toutes ses parties; pendant la guerre un câble souterrain sur deux avait été enlevé dans toutes les directions (les prisonniers français avaient été chargés de ce travail), le reste des câbles qui n'avaient pas souffert jusqu'au moment de l'avance anglaise a été très gravement atteint par les mines et les obus dans l'action qui s'est fait sentir en octobre 1918.

Pour remettre rapidement en service certaines parties de ces câbles, la Société a dû quadrupler le nombre des boîtes de jonction déjà posées normalement et, de ce fait, ces câbles ont une utilisation très précaire.

Tous les postes de transformation et de sous-stations ont été détruits ou enlevés avec un soin inouï; quelques transformateurs qui n'avaient pu être enlevés assez rapidement et pour lesquels les cartouches de dynamite n'ont pas produit l'effet voulu, ont eu leur bobinage achevé à coups de revolver.

Tout était à refaire : partie H. T., réseaux dans les communes, branchements, compteurs, etc...

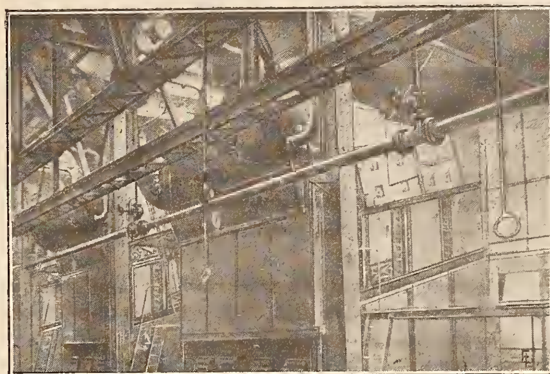


Fig. 2. Centrale de Valenciennes.
Chaudières reconstituées en juillet 1919.

TRAVAUX DE RECONSTITUTION

Sans attendre de crédit et par ses propres moyens, la Société d'électricité de la région de Valenciennes-Anzin s'est mise à l'œuvre dès le mois de décembre 1918.

Les travaux de réfection aux bâtiments, aux chaudières, aux services auxiliaires ont été poussés très activement. Les 2 turbines qui pouvaient être récupérées l'ont été dès le mois d'avril 1919 et les réparations ont été effectuées de telle façon que le 1er juillet 1919, la Centrale était en état de marche avec 2 turbo-alternateurs de 6.000 kw et 8 chaudières (fig. 2 et 3).

Le réseau présentait des difficultés très importantes, surtout pour les réparations des câbles armés, hachés en de nombreux endroits.

Les bâtiments, tous les postes à réparer ou à réédifier l'ont été dans le premier semestre de 1919. La réfection des réseaux B. T. les plus importants a été entreprise de façon que les agglo-

mérations de Valenciennes et d'Anzin et les communes les plus importantes puissent être éclairées pour l'hiver 1919-1920.

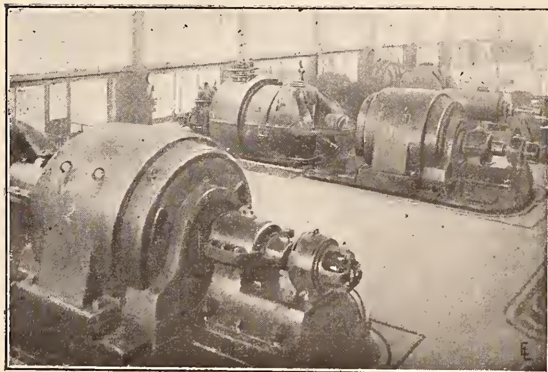


Fig. 3. Centrale de Valenciennes.
Salle des machines rétablie en ordre de marche au 1er juillet 1919.

Au 15 novembre 1919, la situation était la suivante :

Centrale en ordre de marche avec 10.000 kw et liaison avec la Centrale de Jeumont par une ligne d'Etat 45.000 volts.

Réfection de tous les câbles armés dans chaque direction avec possibilité d'alimentation de toute la clientèle pouvant travailler.

Réfection complète des distributions d'énergie B. T. à Valenciennes Anzin, Raismes, Bruay, Quiévrechain, Crespin, Condé, Vieux-Condé, Fresnes, Prouvy, Rouvignies, Trith-St-Léger, Haulchin.

A cette même date, 2.000 clients éclairage, 400 moteurs B. T. et un certain nombre de clients H. T. étaient réalimentés.

Les bâtiments des sous-stations pour l'alimentation des chemins de fer économiques du Nord, sauf une sous-station, étaient remis en état et une commutatrice récupérée permettra l'alimentation des tramways aussitôt que ceux-ci en auront l'utilisation.

La tâche de reconstruction et de rééquipement a été grandement facilitée par l'aide efficace qu'a pu apporter le 2e secteur de la Reconstitution industrielle. Par contre, les difficultés de transport ont donné lieu à des problèmes souvent insurmontables et ont entravé dans bien des cas les relèvements prévus. Il était nécessaire fréquemment de recourir à des moyens de fortune qui présentent toujours de gros dangers pour un service d'exploitation électrique.

Quoi qu'il en soit, si les marchandises commandées peuvent arriver dans un délai de quelques mois, tout le secteur de la Société d'électricité de la région de Valenciennes-Anzin pourra être remis sur pied avec la totalité de ses moyens à la fin du printemps 1920.

G. L.

L'Electrification de la Belgique.

On a souvent donné en exemple à nos pouvoirs publics le relèvement industriel de la Belgique, acquis en moins d'une année après la fin des hostilités. La question de l'électrification d'ensemble s'y pose — comme partout. — Nous avons déjà indiqué les caractéristiques du projet (1) *dont l'auteur, technicien très qualifié, a bien voulu nous résumer ci-dessous les motifs principaux.*

Pendant la guerre, il s'est formé à Londres *un Comité d'Etudes pour la mise en commun des productions d'électricité* en Belgique, lequel a repris, pour les appuyer de son mieux auprès des pouvoirs publics et des organismes intéressés, mon projet qui remonte au début de la guerre, — et même à l'avant-guerre. Il consiste *non seulement* à envisager la mise en commun des productions d'électricité pour *toute* la Belgique que M. Courtois, ingénieur de la Société d'Ougrée-Maryhaye préconisait en 1914 *pour le pays de Liége seulement*, et que M. Halleux, directeur de l'Ecole des Mines de Mons, a réalisé depuis 1915 à la Société d'Electricité de Genk pour trois centrales d'électricité de charbonnage de la Campine ; mais il consiste même à prévoir *dès à présent* la supercentralisation des productions d'électricité.

Il s'agit en définitive, ainsi que l'a d'ailleurs compris et ratifié le Comité d'Etudes, dont le Secrétaire est M. le baron F. Chazal, d'en arriver à l'application en Belgique d'une sorte *de politique électrique* générale telle que les évolutions rationnelles dans les développements technique et économique de la production d'électricité puissent se poursuivre.

Le but de cette politique électrique serait de

(1) Voir *Electricien* du 15 août 1919.

permettre la diminution continuelle du prix de revient dans la production de l'énergie, — facteur si essentiel pour nos fabrications industrielles.

N'attendons pas de l'Etat, si impersonnel, d'avoir l'attention toujours en éveil en vue de l'obtention des résultats que seules des initiatives constamment en travail peuvent produire.

Les faits sont là pour prouver que les progrès dans la diminution du prix de revient de production de l'énergie électrique sont le résultat des travaux assidus et de la haute intellectualité scientifique de quelques hommes exceptionnels.

L'Etat ne saurait s'attirer le concours de ces ingénieurs distingués qu'à condition de les rémunérer d'une manière anormale, ce qui exposerait le ministre en cause à prendre des responsabilités bien difficiles.

D'ailleurs, en matière de production d'électricité, plus qu'en toute autre chose, il faut éviter que l'évolution s'arrête.

Or, les choses qui sont du domaine de l'Etat passent très vite à la détestable routine, — pour ne pas dire qu'elles « se figent ».

On répondra peut-être que nos chemins de fer évoluent cependant. Mais ne sont-ce pas les réclamations incessantes des voyageurs et notamment celles des journaux, qui secouent nos trop nombreux fonctionnaires, *a priori* apathiques parce que peu ou point intéressés directement à faire mieux.

Sans médire de nos chemins de fer, il est cependant certain qu'une société particulière en tirerait encore beaucoup plus, pour le plus grand bien du public en général et du pays en particulier.

Mais nos idées actuelles, empreintes de socialisme et de communisme d'Etat, voire même d'étatisme, ne sauraient probablement accepter la soi-disant régression à la société particulière d'exploitation.

***

Faut-il, dans la matière si difficile de la production d'électricité à bon marché, que la mission soit confiée à l'État ?

Si oui, on diminue l'efficacité géniale de nos ingénieurs, qui seraient à même d'organiser des usines de production à très bon marché, pour tomber dans un système plus ou moins routinier de maintien d'usines, de machines, de lignes et de moyens de production et d'utilisation.

En veut-on un exemple ?

On se rappelle les discussions houleuses qui eurent lieu vers 1904 à la Chambre des députés, à l'époque à laquelle les chemins de fer avaient contracté avec la « Bruxelloise d'Électricité » pour la fourniture de l'énergie électrique aux gares de Bruxelles et à la ligne Bruxelles-Anvers.

La « Bruxelloise d'Électricité », en faisant des prix d'environ 12 centimes le kilowatt-heure pour l'énergie électrique de lumière à haute tension, et de 8 centimes pour l'énergie électrique à haute tension de force motrice (prix qu'on estimait élevé), permettait cependant à l'État de s'y retrouver économiquement parlant dans la suppression de ses nombreuses petites usines autour de Bruxelles et leur remplacement par des sous-stations.

C'est que l'État s'était « figé » en quelque sorte, — après avoir été un précurseur, il faut le reconnaître, en matière d'électricité pour l'éclairage, — dans la production par de petites usines individuelles à vapeur d'échappement à chacune des gares ou ateliers autour de Bruxelles, où le kilowatt-heure en courant continu revenait à 18 centimes même.

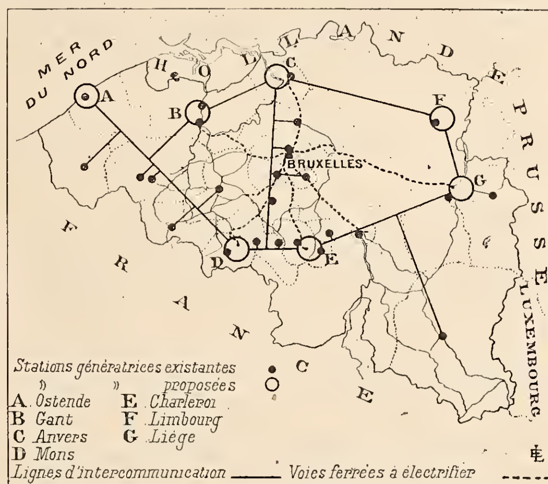


Fig. 1. — Plan d'électrification générale de la Belgique.

L'éclairage électrique de Bruxelles-Nord datant de 1890 ou 1891, et celui de Bruxelles-Midi de peu de temps après, montre que l'État s'était mis bien vite à la hauteur du progrès moderne.

Par contre, en 1904, les moyens de production étaient demeurés aussi vétustes qu'en 1890, alors que les idées nouvelles avaient cependant évolué.

En fait donc, l'évolution dans les moyens de production de l'électricité avait été bel et bien négligée. Elle se traduisait par un prix de revient tellement élevé pour l'État, que des industriels de haute initiative, — « la Bruxelloise d'Électricité », — avaient pu largement lui damer le pion.

Ne faut-il pas fatalement craindre des redites de l'espèce, surtout à une époque de grande évolution dans les machines thermiques de production de puissance ?

Si demain, par exemple, les machines à gaz de 10.000 kilowatts de puissance, ou les turbines à gaz

devenaient utilisables, l'État venant d'acquérir des turbines à vapeur ne saurait immédiatement, en raison de l'inertie propre à son statut, y substituer les nouveaux engins.

Il lui faudrait quelque chose comme cinq à dix ans pour les justifications nécessaires, alors que l'industriel en déciderait en deux ou trois mois.

Ce manque de souplesse dans l'adaptation des moyens nouveaux de production peut être des plus préjudiciable aux intérêts de la masse, surtout lorsqu'il s'agit de l'électrification des chemins de fer.

C'est que le prix que coûte l'énergie électrique pèse alors pour beaucoup dans le rendement de l'exploitation.

Un autre facteur des plus importants pour la diminution du prix de revient se trouve dans la superposition des charges de puissance électrique, à la fois pour l'industrie et les chemins de fer.

Comme la charge des chemins de fer représente pour l'ensemble du pays environ un tiers, — et peut-être moins, — de la charge industrielle, le chemin de fer profitera plus de la diminution du prix de revient provenant de la superposition des charges que ne le fera l'industrie.

Mille autres raisons pourraient être invoquées à l'encontre du principe de monopolisation, nationalisation ou étatisation de la production de l'électricité.

Il est, en effet, impossible de nationaliser l'intellectualité de l'individu. La science humaine a ses particularités qu'il importe de ne pas repousser sous peine de voir s'annuler la science elle-même.

Or, c'est de la science appliquée à la production économique de l'électricité que nous devons attendre la baisse constante du prix de revient, fruit lui-même d'une évolution constante.

Comment veut-on qu'une administration formée d'un ensemble d'individus, se caractérisant par des aptitudes scientifiques et intellectuelles fort variées, soit à même de juger de la meilleure de ses intellectualités et se résolve à la suivre ?

***

L'administration produit une sorte de science appliquée moyenne, — qui ne manque certes pas de valeur, — mais qui ne saurait égaler celle que choisira, par exemple, une fédération de producteurs dont l'initiative au progrès est toujours en éveil.

Cette fédération, en effet, peut à tout moment mettre la main sur tel ou tel homme de génie de n'importe quel point du monde, capable de lui apporter science et progrès.

De ce qui est dit plus haut, on conclurait cependant à tort que l'Etat doit, pour le bien du pays, se désintéresser de la production.

Directement, en effet, il le doit, s'il veut utiliser à son profit la science, d'où qu'elle vienne.

Mais l'Etat doit donner à la fois son appui et sa clientèle à l'organisme reconnu capable de lui assurer la belle production économique qu'il désire.

L'État doit être un associé dans la fédération des producteurs, partageant avec eux et les aventures éventuelles de l'évolution scientifique raisonnée et les avantages économiques de la production à bon marché, qui sont la conséquence des applications nouvelles.

La participation de l'Etat dans le capital *d'une société nationale d'électricité* englobant toute la production économique primaire des producteurs autonomes (sorte de fédération de producteurs-clients) serait proportionnelle à la quantité d'énergie prise, de manière analogue à ce qui serait entendu pour les producteurs autonomes.

L'État veillerait au sein de cet organisme à obtenir le prix de fourniture le plus bas possible, veillerait à la sécurité des installations et de la distribution, donnerait les autorisations de voirie; en un mot, il réglerait tout ce qui est de son ressort exclusif.

D'une telle manière, il semble que le grand avenir de l'électricité dans notre pays serait largement sauvegardé pour tous en général et pour chacun en particulier.

C'est la coopération si rationnelle entre l'État et les individus eux-mêmes qu'il s'agit d'organiser pour le bien général.

Sous prétexte d'idéalisme social ou autre, n'émoussons pas les initiatives C'est d'elles que sort le bien-être d'un pays.

CONCLUSION

Le programme du projet Carlier consiste donc à mettre en commun les productions d'électricité de manière à permettre aux usines les mieux situées et produisant le plus économiquement suivant les circonstances locales, de se développer au détriment des autres moins avantagées, qui graduellement se convertiraient en sous-stations.

Comme des amortissements de capitaux plus ou moins élevés seraient à envisager, il est concevable que plusieurs années se passeraient avant d'en arriver aux extinctions de production aux endroits peu avantageux.

Le développement des centrales se ferait suivant une loi économique rationnelle résultant de toutes les conditions envisagées. C'est pourquoi aussi il est à penser qu'après quelque quinze ou vingt années, de puissantes supercentrales (ou bien la supercentralisation serait effectuée) seraient éri-

gées aux endroits d'approvisionnement de houille ordinaire à bon compte, tels les ports et les districts charbonniers.

A cet effet, il y aurait sept régions de supercentrales ou de supercentralisation.

De ce qui précède, on peut déjà conclure qu'il y a un long chemin d'évolution à parcourir, puisqu'il s'agira de passer de la période actuelle des centrales à la période nouvelle de la supercentralisation.

Là est le grand avenir, en effet ; et il faut y tendre de toutes nos forces pour le plus grand bien du pays tout entier.

Les producteurs d'électricité, gens sages et avisés, envisagent d'ailleurs depuis longtemps toutes ces questions.

Que l'État les aide par des mesures légales et leur fasse confiance tout à la fois, et l'on s'en trouvera bien!

J. Carlier,
Ingénieur, répétiteur du Cours de chemin de fer à l'Université de Liège.

NOTES SUR LES
Nouveaux appareils de télégraphie rapide.

Appareil Steinhel. — Emploi du double courant. — Les relais à trois positions. — La terre en télégraphie. — Qu'est-ce qu'une terre ? — Cas de la T. S. F. et de la T. P. S.

Nous avons dit que Morse fit breveter son invention à peu près au moment de l'apparition de l'appareil de Steinheil (de Munich), en 1837.

L'appareil allemand comportait une nouveauté fort intéressante. Les signaux ne se divisaient pas en points et traits, mais en regard de la bande, et perpendiculairement à son sens de progression, il y avait deux petits tubes capillaires remplis d'encre; c'était soit l'un de ces tubes, soit l'autre, qui était projeté sur le papier et y imprimait un point, près d'un bord de la bande ou près de l'autre bord.

Le générateur, sorte de petite machine magnéto-électrique, pouvait envoyer sur la ligne, suivant le sens de rotation, une impulsion positive ou une impulsion négative. Le récepteur était une bobine, au centre de laquelle il y avait deux petits aimants. Le courant faisait tourner soit l'un soit l'autre des deux petits aimants dirigés en sens contraire et c'était soit l'un, soit l'autre qui projetait sur la bande le tube inscripteur correspondant.

On voit immédiatement combien ce code de signaux est plus favorable que le code Morse ; au lieu de traits qui durent trois temps, on n'a plus qu'un point de même durée qu'un point Morse, mais se distinguant du premier signal par une polarité inverse. C'est ce mode de transmission qui est celui des câbles sous-marins, qu'ils se relient à un galvanomètre-miroir ou à un siphon recorder. Le même code a été employé, sur les lignes terrestres dans les appareils Herring, Estienne et Hérodote ; mais ces systèmes n'ont pu supplanter le Morse. Pour les transmissions sous-marines, au contraire, cet envoi de courant de polarité inverse a l'avantage d'éviter les effets de charge qui seraient beaucoup plus marqués avec l'emploi de courants toujours de même sens, et la transmission par double courant est généralement en usage.

Ainsi donc, c'est dès le début de la télégraphie que nous trouvons l'émission par impulsion et l'emploi des deux courants.

Il y a même dans le récepteur Steinheil une autre particularité remarquable. En général, un relais polarisé a deux positions, une position de travail et une position de repos ; il n'en a pas trois. Or le récepteur Steinheil avait pour armatures deux petits aimants. La présence de deux armatures ou organes mobiles permet trois combinaisons ; ou bien la force de rappel, pesanteur ou ressort, écarte les tubes du papier et l'on a la position de repos, ou bien la force directrice du courant déplace et porte dans la position de travail l'un ou l'autre tube et cela fait trois positions possibles. Or, actuellement encore, de nombreux inventeurs proposent de substituer au code Baudot, qui est constitué par des signaux positifs ou négatifs exclusivement, un code qui, au lieu de deux signaux élémentaires, en mettrait en œuvre trois. Il suffirait peut-être de perfectionner le récepteur Steinheil pour avoir une solution admissible. C'est pour cette raison que je me suis un peu étendu sur ce sujet.

Emploi de la terre. — Mais ce qui constitue la nouveauté la plus remarquable de l'invention de Steinheil, ce fut l'emploi de la terre pour remplacer le fil de retour. Pour les transmissions à grande

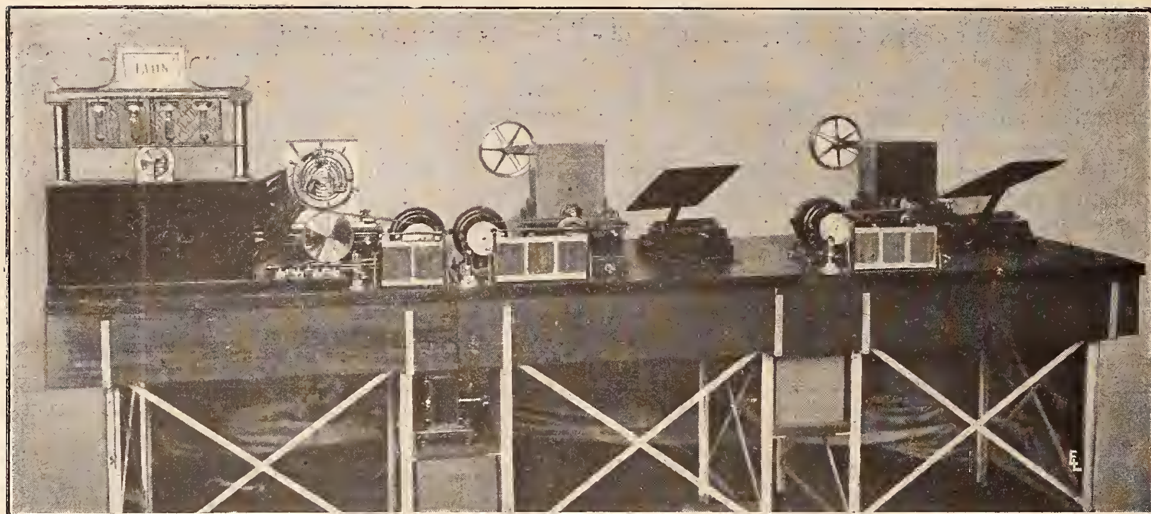


Fig. 1. — Appareils Baudot. — Groupement des tables d'une installation à commande directe. Deux des quatre tables de manipulation. — Vue arrière.

distance, pour les câbles notamment, la suppression du fil de retour constitue une économie considérable qui devait favoriser puissamment le développement de la télégraphie. Seulement, prenons-y garde : si au point de vue technique l'utilisation de la terre est si générale qu'on n'y fait plus attention, il faut avouer qu'au point de vue théorique, nous n'avons guère fait de progrès, et le rôle de la terre est encore assez mal connu.

Or la connaissance exacte du rôle de la terre serait fort utile à beaucoup de points de vue ; je vais en énumérer quelques-uns :

1° *Electrolyse.* — Si nous envoyons le courant de retour dans le sol, n'y a-t-il pas à craindre des effets d'électrolyse? Or c'est le cas avec les tramways. La première étude théorique un peu soignée sur ce sujet ne date pas de bien longtemps ; elle est due à M. Brylinski et on la trouvera dans le bulletin de novembre 1917 de la Société internationale des électriciens. Les expérineces les plus intéressantes concernant le retour par la terre des courants industriels sont celles de Lancey (Isère) en 1903 et en 1906 et celles de Bex, en Suisse, en 1906. M. Maureau, ingénieur en chef des télégraphes, en a rendu compte à la conférence internationale de télégraphie de 1910. La question est loin d'être épuisée.

2° *Interférence.* — Les troubles produits par les lignes à courant fort sur les lignes de télécommunication sont dus en grande partie à l'induction électromagnétique. Mais la force électromotrice d'induction dépend, quand il s'agit de deux circuits filiformes, du flux d'induction magnétique commun aux deux circuits. Alors, dans le désir de ramener à ce cas celui où l'on laisse le courant revenir par la terre, on se pose la question à quelle distance au-dessous du fil aérien peut-on supposer placé le conducteur fictif de retour? Y a-t-il réellement une réponse satisfaisante à cette question ? Est-il permis, en première approximation, de remplacer la distribution très complexe des filets de courants circulant dans un milieu à trois dimensions par un conducteur filiforme unique fictif, qui en serait comme le centre de gravité ?

3° *Stations de télégraphie sans fil.* — S'agit-il maintenant d'installer la terre d'une grande station de T. S. F.? A quelles dépenses excessives et sans doute inutiles ne nous laissons-nous pas aller, en enfouissant un énorme poids de cuivre, simplement à cause de notre ignorance sur la distribution véritable du courant dans le sol. Ici l'expérimentation sur une grande échelle s'impose ; c'est une nécessité impérieuse. Qu'a-t-on publié à ce sujet ?

4° *Télégraphie par le sol* (*T. P. S.*). — La question du retour du courant par le sol a surtout été étudiée par le général Ferrié et ses collaborateurs, en vue de la T. P. S. qui a rendu pendant la guerre de si éminents services ; mais fort heureusement pour cette invention, l'action a lieu beaucoup plus par induction que par conduction ; inversement cette particularité est malheureuse pour l'étude de la distribution du courant dans le sol, car cette répartition n'ayant qu'une influence très secondaire, il n'a pas été nécessaire de l'approfondir.

Mais au moment où l'on se propose de procéder

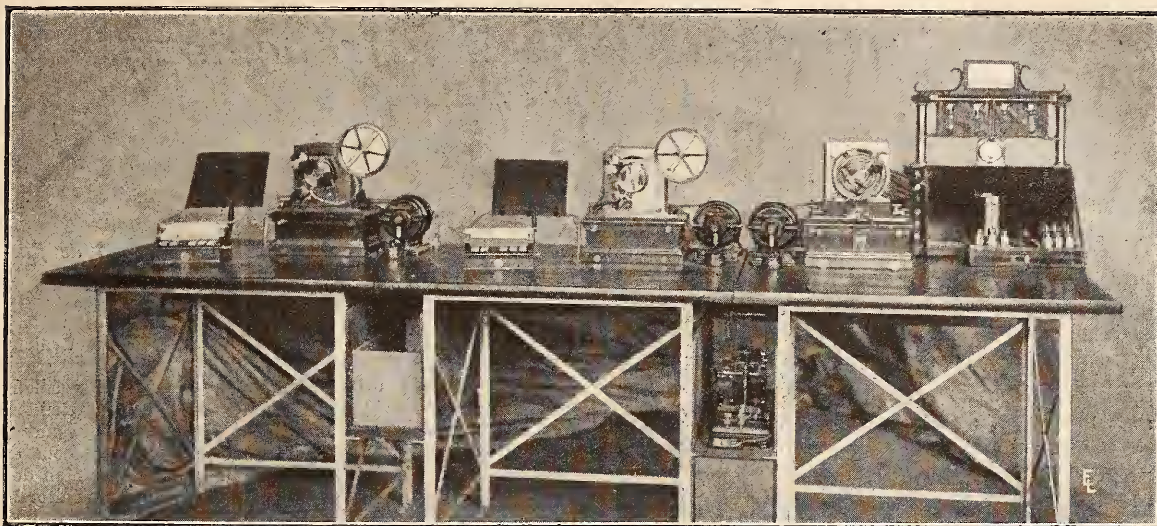


Fig. 2. — Vue avant des tables de manipulation de la figure 1.

à l'électrification des chemins de fer, une recherche technique sur ce sujet serait la bienvenue.

Quel est, en gros, l'explication du rôle de la terre dans la transmission télégraphique? Voici à peu près ce que dit M. Devaux-Charbonnel : la terre demeure à un même potentiel V_0. Soit V_1 le voltage de la pile et R la résistance du fil dont l'extrémité éloignée est à la terre, on a :

$$V_1 - V_0 = R I$$

en appelant I le courant; si d'autre part on appelle ρ la résistance intérieure de la pile et E sa f. e. m., on a :

$$V_1 - V_0 = E - \rho I$$

d'où

$$I = \frac{E}{R + \rho}.$$

Pour expliquer que le potentiel de la terre reste constant, il fait remarquer que la terre, isolée dans l'espace infini, est une sphère de capacité assez grande, 700 microfarads environ, et qu'il faudrait par suite une charge assez forte pour faire varier le potentiel; les couches conductrices qui se trouvent dans les hautes régions de l'atmosphère doivent constituer une seconde armature qui contribue à augmenter la capacité, enfin on ne produit jamais une quantité isolée d'électricité, mais à l'apparition d'une charge $+e$ est liée l'apparition d'une charge $-e$. Ces raisons concordent et l'on peut dire que le sol demeure à un potentiel constant.

On aura une image un peu plus précise en considérant le cas particulier de deux sphères parfaitement conductrices, isolées dans un milieu diélectrique et portées à une certaine différence de potentiel par leur connexion aux deux bornes d'une pile par des fils sans capacité. La charge prise par chaque sphère dépend d'un coefficient d'influence mutuelle; mais si les deux sphères sont suffisamment éloignées l'une de l'autre, chacune se charge à peu près comme si la seconde armature était une sphère de rayon infini. Or, si, au lieu d'être dans un milieu isolant, les sphères étaient placées dans un milieu conducteur, les filets de courants suivraient les lignes précédentes d'induction électrostatique. Il en résulte que, si la distance est assez grande, chaque sphère se comporte comme si elle était seule. A chaque sphère correspond une résistance de terre et les deux terres sont indépendantes l'une de l'autre.

***

Mais ces considérations ne nous apprennent toujours pas la forme la plus favorable à donner à une prise de terre; or, en admettant que cette terre soit formée par des fils enterrés, on peut se demander s'il y a intérêt à creuser des puits et jusqu'à quelle distance il y a utilité à prolonger les fils. Ces deux problèmes paraissent bien simples. Il semble même qu'on pourrait opérer sur des modèles réduits, en observant les lois de la similitude résultant des formules de dimensions; mais nous ne connaissons pas de solutions.

POMEY J.-B.
Ingénieur en chef des P. T. T.

L'Ingénieur électricien français

DANS LA SOCIÉTÉ ACTUELLE

Le Syndicat professionnel des ingénieurs électriciens français (1) *a publié, dans son Bulletin de janvier 1919, un « appel » dont nous extrayons les importants et très judicieux passages suivants :*

L'existence de l'ingénieur, comme élément *social* dans le monde, est relativement moderne : l'antiquité, le moyen âge avaient des savants, des architectes, voire même des sorciers, qui jouaient plus ou moins le rôle d'ingénieurs ; mais l'ingénieur, tel que nous le concevons aujourd'hui et répandu sur la planète à quelques dizaines de milliers d'exemplaires, n'existait pas.

C'est lui, en réalité, qui a changé la face du monde ! Les avocats de Rome parlaient aussi bien que ceux de nos jours ; les sculpteurs de la Grèce étaient aussi experts en leur art, sinon plus ; les commerçants de la Phénicie aussi habiles ; les législateurs de partout aussi avisés. Tout ce que nous avons de plus, tout ce que l'on considère comme faisant le bien-être moderne de l'humanité, vient de l'ingénieur.

Mais le monde ne lui a pas fait la place qui devrait, semble-t-il, lui revenir dans la société moderne.

L'industrie électrique, en particulier, a eu un développement rapide et brillant, dont les meilleurs artisans ont été les ingénieurs-électriciens. Quelle place leur a été faite dans cette industrie ?

Nous voyons, hélas ! trop souvent, des ingénieurs électriciens offrant toutes les garanties de compétence et de capacité, relégués dans les rôles secondaires, et pourvus de traitements inférieurs — inférieurs, souvent, à ceux de leurs sous-ordres des ateliers, et même, pour les débutants, aux salaires des traîne-brouette de l'industrie du bâtiment.

Fait plus grave et dont le danger ne fera que s'accroître à la suite des vides causés par la guerre, les ingénieurs français se voient souvent préférer des étrangers. Nous avons assisté, à cet égard, avant et depuis la guerre, à des faits profondément regrettables.

L'ingénieur électricien ne semble pas avoir été mieux traité par les pouvoirs publics, soit qu'il s'agisse des relations que ces pouvoirs ont nécessairement avec l'industrie électrique, soit qu'il s'agisse de celles que les ingénieurs ont obligatoirement avec eux, à titre militaire, par exemple.

C'est ainsi que, pendant la guerre, des Sociétés qui ont réalisé d'importants bénéfices ont pu, sans que l'Etat s'y oppose, imposer aux ingénieurs mobilisés dans leurs usines des appointements réduits par rapport à ceux du temps de paix, alors qu'elles n'ont jamais osé refuser aux ouvriers, presque toujours soutenus par les Pouvoirs publics, les améliorations qu'ils exigeaient.

C'est ainsi encore que, même en faisant abstraction de ce que l'on a appelé les erreurs du début de la mobilisation, beaucoup d'ingénieurs n'ont pu obtenir de voir leurs capacités mises au service de la grande cause autant qu'ils l'auraient désiré. Prêts à tous les sacrifices pour la défense du pays, ils ont subi leur sort en silence, mais combien plus intéressants eussent été les résultats s'ils avaient été placés dans les postes où ils pouvaient rendre le plus de services.

La déplorable utilisation, en France, de l'ingénieur en général et de l'ingénieur électricien en particulier, est un des nombreux défauts d'organisation que la guerre a mis en évidence : nous avons reçu de dures leçons et si l'héroïsme de nos soldats a permis de corriger bien des fautes, il est du devoir de tous de chercher à en éviter le retour.

Que penser à cet égard de ce fait que souvent l'ingénieur électricien, que son expérience et ses capacités reconnues semblent désigner pour les postes de Direction, est relégué au second plan, alors que les services dirigeants des Sociétés sont confiés à des personnes qu'aucune qualité technique ne désigne pour les postes qu'elles occupent ?

Enfin, bien que les fonctions d'Administrateurs de Sociétés n'exigent pas, en général, de capacités techniques spéciales, il serait moins surprenant de ne presque jamais voir d'ingénieurs électriciens dans les Conseils de nos grandes Sociétés d'électricité si, à côté des personnes que leur haute influence ou leurs capacités administratives, juridiques ou financières, désignent particulièrement pour ces postes, on n'y trouvait en grand nombre des politiciens, des gens de lettres, des dignitaires ou fonctionnaires de l'Etat, en activité, en congé ou retraités, des personnes qualifiées ingénieurs pour la circonstance, enfin même, avant la guerre, des étrangers de l'espèce... réprouvée universellement.

Mais pourquoi les ingénieurs électriciens sont-ils si mal traités ?

Parce qu'ils ne sont pas groupés professionnellement.

Les syndicats d'électriciens actuellement existants sont ou des syndicats ouvriers, ou des syndicats de Sociétés de construction et d'exploitation, qui ne s'occupent pas des intérêts *individuels* des ingénieurs électriciens.

Nous nous sommes émus de cette situation et nous avons décidé d'y remédier en fondant le « Syndicat professionnel des ingénieurs électriciens français ».

Ces idées sont en complète harmonie avec celles que nous n'avons cessé de défendre par la plume et par la parole.

Nous voudrions, en outre, que le titre et les connaissances minima de l'ingénieur électricien soient réellement définis et protégés afin de conserver toute sa valeur marchande comme nous l'avons exposé d'autre part (2). C'est là, peut-être, le plus grave défaut de la cuirasse.

Maurice Soubrier.

(1) Siège social, 13, avenue de la Grande-Armée.

(2) Voir l'*Electricien* du 30 septembre 1919 et suivants : « Notre enquête sur l'enseignement de l'électricité industrielle ».

Ajoutons ici les conclusions d'un rapport publié dans le *Bulletin* de novembre 1919 dudit syndicat :

La Commission de pénétration économique tenant compte du coût actuel de la vie estime que les appointements des ingénieurs-électriciens devraient être fixés comme suit. Il est précisé que pour les cinq premières années de pratique industrielle, les chiffres indiqués sont des minima et que de la 6e à la 10e les chiffres indiqués sont les limites inférieures de la moyenne des appointements.

1re *série minima de salaires* :		(*mensuels*)
Début	Début	600 fr.
Après 1 an de pratique...	1	650 fr.
— 2 ans — ...	2	700 fr.
— 3 ans — ...	3	800 fr.
— 4 ans — ...	4	900 fr.
— 5 ans — ...	5 (et au-dessus)	1.000 fr.
2e *série salaires moyens* :		
Après 6 ans de pratique...	6	1.200 fr.
— 7 ans — ...	7	1.400 fr.
— 8 ans — ...	8	1.600 fr.
— 9 ans — ...	9	1.800 fr.
— 10 ans — ...	10	2.000 fr.

D'autre part, en vue d'éviter que l'établissement du salaire moyen ne soit faussé par l'introduction de traitements trop élevés correspondant à des situations exceptionnelles, la Commission de pénétration économique décide que les traitements qui seraient de 25 % supérieurs aux salaires moyens indiqués ci-dessus ne devraient pas entrer en ligne de compte pour l'établissement de la moyenne.

La Commission de pénétration économique du syndicat des ingénieurs-électriciens français émet le vœu que les années de mobilisation soient sonsidérées comme années de pratique industrielle.

En raison des difficultés qu'une application brutale de cette décision pourrait entraîner elle demande :

1° A ce que, pour tous les ingénieurs ayant en 1914 plus d'une année de pratique industrielle, les années de mobilisation comptent intégralement comme années de pratique.

2° Et que pour tous les ingénieurs n'ayant pas de pratique industrielle en 1914, il soit tenu compte dans une très large mesure des années qu'ils auront sacrifiées à la Défense nationale.

Revision éventuelle des cahiers des charges

DES DISTRIBUTIONS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

ALIMENTÉES PAR DES USINES HYDRAULIQUES

Une circulaire du Ministre des travaux publics aux Ingénieurs du Contrôle, en date du 18 janvier 1920, détermine comme suit les conditions de cette revision éventuelle.

La chambre syndicale des forces hydrauliques a appelé mon attention sur les relèvements de tarifs dans les distributions d'énergie électrique, alimentées par des usines hydrauliques, qui pourraient être juxtifiés par le bouleversement amené par la guerre dans leur situation économique. Le comité d'électricité que j'ai saisi de l'affaire a estimé que les principes devant régler l'établissement des tarifs de vente dans les distribution d'énergie électrique étaient les mêmes, que l'énergie provînt d'usines thermiques ou en tout ou en partie d'usines hydrauliques, et que seules quelques modalités d'application différaient.

D'une part, en effet, les installations hydro-électriques comportent des immobilisations plus importantes que les installations thermiques de même puissance. D'autre part, ces installations consomment moins de combustible que les usines génératrices thermiques.

Il est aisé de tenir compte de ces différences ainsi qu'il suit, sans modifier les bases posées à l'occasion de ces dernières, que j'ai relatées dans mes instructions du 24 novembre 1919.

L'augmentation des immobilisations justifie, au moins pour les ventes à une tension supérieure à 1.000 volts, une augmentation du minimum garanti de consommation annuelle. Le tarif établi pour les usines thermiques constitue, par son dispositif même, dans le cas de la haute tension, un minimum garanti de recette annuelle de courant égal à la valeur de la prime fixe par kilovoltampère souscrit ; ce minimum garanti de recette annuelle devient insuffisant dans le cas des distributions alimentées par des usines hydrauliques et doit être doublé dans ce cas. A l'opposé, la consommation moindre de combustible entraîne une différence de sens contraire dans l'application de l'index économique électrique.

A vrai dire, il y aurait lieu en toute rigueur d'établir des index économiques électriques particuliers pour les distributions en question : si, en effet, la consommation de combustible y est notablement moindre que dans les usines thermiques, la main-d'œuvre y intervient par contre dans des conditions analogues. Mais il y aurait alors à déterminer et à appliquer quatre index économiques électriques différents, d'où résulterait une complication qu'il y a lieu d'éviter si elle n'apparaît pas comme indispendable.

Or, il semble admissible de tenir compte des divers éléments en jeu en maintenant pour les entreprises hydrauliques les mêmes index économiques électriques de haute et de basse tension que pour les entreprises thermiques, mais en réduisant les taux respectifs d'application de ces index à la moitié des valeurs qu'ils auraient pour ces distributions, si elles étaient alimentées par des usines thermiques de même puissance que leurs usines hydrauliques ; on tiendra compte du fait que cette manière de procéder désavantage les entreprises hydrauliques pour les ventes en basse tension, où la main-d'œuvre a plus d'influence que dans les ventes en haute tension, en forçant légèrement dans ce cas le résultat obtenu en prenant la moitié du taux de l'index économique électrique tel qu'il aurait été déterminé si l'alimentation était assurée par une usine thermique (par exemple, pour une petite commune où l'on aurait adopté, en cas d'alimentation thermique, le taux de variation de 0 fr. 005 par franc, on prendra 0 fr. 003 si l'alimentation provient d'une usine hydraulique).

Il pourra y avoir lieu de reviser dans la suite cette proportion de moitié s'il se produit un trop grand déséquilibre entre les valeurs du combustible et celles de la main-d'œuvre

D'autre part, les tarifs à forfait prévus au cahier des

charges-type, qui sont d'un emploi extrêmement rare dans les entreprises thermiques, sont au contraire assez répandus dans les distributions alimentées par des usines hydrauliques. Il ne saurait être question de les supprimer là où ils existent. mais il y aura lieu de les augmenter dans la même proportion que le sont les prix proportionnels de l'énergie vendue, soit dans l'entreprise envisagée si son cahier des charges comporte également un tarif proportionnel à l'énergie vendue, soit, au cas contraire, dans une entreprise se trouvant dans des conditions analogues.

Enfin certains distributeurs, et cette considération s'applique à toutes les distributions, qu'elles soient alimentées par des usines hydrauliques ou des usines thermiques, préfèrent les compteurs à dépassement aux appareils indicateurs de dépassement de puissance. Il n'y a aucune raison de ne pas leur donner satisfaction, et l'on y parviendra aisément en surtaxant non pas les kilovoltampères de dépassement mais les unités d'énergie fournies à des puissances apparentes dépassant celle qui a été souscrite; cette énergie de dépassement, qui sera généralement une très petite fraction de la consommation totale, devra être payée à des prix proportionnels triples de ceux qui figurent aux tarifs correspondants pour l'énergie consommée dans les limites de puissance apparente souscrite.

J'adopte l'avis émis par le Comité et je vous prie, en conséquence, de vouloir bien tenir compte des indications qui précèdent dans la rédaction des parties des articles laissées en blanc dans les cahiers des charges-types, dont vous aurez à proposer l'introduction dans les cahiers des charges soumis à révision, en vue de réaliser l'application des tarifs capables d'assurer la vitalité des entreprises dans l'intérêt général.

Je joins aux présentes instructions trois exemples de clauses susceptibles d'être insérées dans les cahiers des charges, qui ne sont pas autre chose que ceux-là mêmes qui étaient annexés à la dépêche que je vous ai adressée, la 24 novembre 1919, dûment complétés, conformément aux considérations que viens de vous développer, de manière à pouvoir être appliqués à toutes les distributions d'énergie électrique, qu'elles soient alimentées par des usines thermiques ou qu'elles reçoivent l'énergie, en tout ou en partie, de centrales hydrauliques.

Le ministre des travaux publics,
des transports
et de la marine marchande,
A. Claveille.

ANNEXE

au rapport de la Commission.

Premier exemple.

Régions libérées du Nord et régions analogues.

Cahier des charges pour la concession par l'Etat d'une distribution d'énergie électrique aux services publics.

Art. 11. — Tarif maximum. — Les prix auxquels le concessionnaire est autorisé à vendre l'énergie électrique aux services définis à l'article 1er ne peuvent dépasser les maxima suivants :

1° Pour l'énergie fournie sous une tension de 30.000 volts ou une tension supérieure (1).

L'énergie électrique sera vendue au compteur. Le tarif de vente de l'énergie sera composé de deux éléments qui s'ajoutent, d'une prime fixe par kilovoltampère de puissance maximum souscrite et d'un prix par unité complexe effectivement consommé (2).

Les valeurs des deux éléments du tarif sont indiquées au tableau ci-après :

PUISSANCE SOUSCRITE en K. V. A.	PRIME fixe annuelle par K. V. A.	PRIX proportionnel par unité complexe d'énergie
	fr.	fr. c.
Jusqu'à 50 inclus............	130 »	0 12
De 51 à 100 inclus...........	120 »	0 11
De 101 à 200 inclus..........	110 »	0 10
De 201 à 500 inclus..........	105 »	0 095
Au-dessus de 500.............	100 »	0 085

Dépassements. — En cas de dépassement de la puissance souscrite, les K. V. A. de dépassement seront passibles d'une prime fixe annuelle égale à 1,5 fois celle du tableau précédent.

Détermination de l'énergie complexe. — L'énergie électrique consommée sera mesurée par deux compteurs donnant l'un les K. W. H., l'autre l'énergie réactive (3). Les deux compteurs seront relevés simultanément et on ajoutera aux K. W. H. 30 % de l'énergie réactive pour obtenir l'énergie complexe.

Clauses des variations économiques. — Les prix proportionnels par unité complexe d'énergie indiqués ci-dessus sont établis en prenant comme base le prix de 20 francs pour l'index économique électrique de haute tension fixé périodiquement par M. le ministre des travaux publics d'après la valeur des houilles et de main-d'œuvre.

Le prix des houilles entrant dans cette détermination sera celui qui est établi périodiquement par M. le ministre des travaux publics (4) sur la proposition du bureau national des charbons ou de tel organisme qui viendrait à lui être substitué dans la suite (5).

Pour chacune des périodes ainsi envisagées, M. le ministre des travaux publics fixera également le salaire horaire moyen (6) par agent. Chaque augmentation ou diminution de 1 % dans le salaire horaire moyen par agent pendant la période considérée, par rapport au salaire horaire moyen de l'année 1918, donnera lieu respectivement à l'addition

(1) L'énergie sera fournie normalement aux abonnés à une tension ne dépassant pas 22.000 volts. Toutefois le concessionnaire est autorisé à vendre de l'énergie à une tension supérieure aux clients dont les installations motiveraient cette mesure.

(2) On pourra également appliquer ce tarif au K. W. H. consommé et dans ce cas on remplacera dans la suite de l'article les mots « unité complexe d'énergie » par le mot « kilowatt-heure ». Dans ce cas également, le tarif tiendra compte du déphasage lorsque le cosinus devient inférieur à 0,80, de la manière suivante. Le prix proportionel du K. W. H. sera majoré de 2 % pour chaque centième du cosinus au dessous de 0,80.

(3) Le compteur d'énergie réactive sera gradué en unités telles qu'il indique autant d'unités consommées que le compteur d'énergie active indiquera de K. W. H. lorsque le déphasage de l'énergie consommée aura un cos. égal à 0,707.

(4) Le prix de la houille peut également être le prix de revient de la houille consommée à la centrale, dont il devra être donné justification au service du contrôle.

(5) Les prix des houilles fixés par M. le ministre des travaux publics tiennent compte des qualités de ces houilles et notamment de leur pouvoir calorifique moyen.

(6) Le salaire horaire moyen par agent est déterminé, soit pour une concession, soit pour une région, en y comprenant tous les appointements et salaires payés jusqu'au directeur exclusivement, avec tous les accessoires, tels que suppléments pour cherté de vie, indemnités de résidence, charges de retraites, etc. Il devra en être donné justification au service du contrôle.

ou à la soustraction d'une somme de 25 centimes sur le prix des houilles tel qu'il vient d'être défini.

Le résultat de cette opération constituera l'index économique électrique de haute tension. Si cet index économique est supérieur ou inférieur à 20 fr., le prix de l'unité complexe d'énergie sera augmenté ou diminué de 2,2 millimes par franc d'écart entre cette valeur et la valeur moyenne pendant la période envisagée.

Application de l'index économique électrique. — Le prix proportionnel de l'énergie sera établi provisoirement d'après la dernière valeur de l'index économique électrique publié par M. le ministre des travaux publics. A chaque nouvelle publication de la valeur de cet index, rectification sera faite des prix proportionnels de l'énergie déjà facturée à titre définitif pour la période à laquelle s'applique cette publication et à titre provisoire pour la suite.

Clause d'impôts. — Au cas où l'Etat, les départements ou les communes établiraient de nouveaux impôts relatifs à la vente, la production, la distribution, le transport ou la consommation de l'énergie éectrique, ces impôts seront à la charge du concessionnaire qui se réserve le droit, à partir du jour de leur mise en application, de majorer les tarifs maxima ci-dessus dans une proportion qui sera arrêtée par l'administration supérieure.

2° Pour l'énergie fournie sous une tension ne dépassant pas 22.000 volts, mais supérieure à 1.000 volts.

Les valeurs des deux éléments du tarif sont indiquées au tableau ci-après :

PUISSANCE SOUSCRITE en K. V. A.	PRIME fixe annuelle par K. V. A.	PRIX proportionnel par unité complexe d'énergie
	fr.	fr. c.
Jusqu'à 10 inclus	180 »	0 18
De 11 à 25 inclus	160 »	0 15
De 26 à 50 inclus	150 »	0 13
De 51 à 100 inclus	140 »	0 12
De 101 à 200 inclus	130 »	0 11
De 201 à 500 inclus	125 »	0 10
Au-dessus de 500	120 »	0 09

Toutefois ces valeurs seront réduites de 30 % pour les emplois de l'énergie effectués exclusivement de nuit, entre vingt-trois heures et quatre heures.

Les conditions d'application de ces prix seront les mêmes que celles énoncées au 1°, sauf que le taux de l'index économique électrique sera de 2 millimes 5, au lieu de 2 millimes 2 (1) sans distinction entre les emplois de jour et de nuit.

Art. 13. — Obligation de consentir des abonnements sur tout le parcours de la distribution. — Sur tout le parcours des lignes desservant la zone définie à l'article 1er ci-dessus, le concessionnaire sera tenu de fournir l'énergie électrique, dans les conditions prévues au présent cahier des charges à tout service public rentrant dans les catégories énumérées audit article, dont l'administration demandera à contracter un abonnement pour une durée d'au moins 10 années et pour une puissance d'au moins 25 kilowatts.

Le concessionnaire pourra exiger que le demandeur lui garantisse pendant dix ans une recette brute (2) annuelle de 200 fr. par kilowatt demandé.

(1) Pour les distributions alimentées par des usines hydrauliques, ce taux d'augmentation ou de diminution sera réduit de moitié.

(2) La recette brute dont il s'agit s'entend de celle résultant de l'application du tarif maximum correspondant à la prime fixe annuelle indiquée à l'article 11 et aux prix proportionnels par unité complexe d'énergie, basés sur le prix de 20 fr. pour l'index économique électrique.

Le délai dans lequel le concessionnaire devra commencer la fourniture du courant sera déterminé dans le traité d'abonnement, en tenant compte du temps nécessaire à l'exécution des travaux indispensables pour assurer le service du nouvel abonné.

Art. 14. — Obligation d'étendre le réseau. — Sont considérés comme situés sur le parcours de la distribution pour l'application de l'article précédent, tous les services publics qui fonctionnent en totalité ou en partie dans une zone de 2 kilomètres, de chaque côté des lignes dont la tension est comprise entre 5.000 et 15.000 volts (3).

Sur la demande qui lui est faite par un service public fonctionnant dans la zone définie par la carte ci-jointe, le concessionnaire est d'ailleurs tenu, sous réserve de la faculté de substitution prévue ci-après, de construire toute la ligne dont la tension est comprise entre 5.000 et 15.000 volts (3), pour laquelle il lui est garanti pendant dix ans une recette brute (4) annuelle de 5 fr. par mètre de canalisation aérienne ou de 15 fr. par mètre de canalisation souterraine, la distance étant comptée à partir du point où cette ligne pourra être branchée sur le réseau déjà existant.

La garantie dont il est question à l'alinéa précédent ne doit pas être inférieure à celle résultant de l'article 13. Elle n'est, toutefois, pas exigilble si le service public à alimenter avance au concessionnaire le montant des dépenses de construction de la ligne, et accepte d'être remboursé sans intérêt, par un prélèvement de 15 % sur les recettes brutes (4) afférentes à l'ensemble de la clientèle alimentée par ladite ligne.

Dans le cas où un service public fonctionnant dans la zone définie à la carte ci-jointe exigerait du concessionnaire la construction d'une ligne de tension comprise entre 5.000 et 15.000 volts (1), dans les conditions prévues au présent article, le concessionnaire est dès maintenant autorisé à se substituer toute société de distribution d'énergie, dans les droits et obligations du cahier des charges, en ce qui touche la construction, la propriété et l'exploitation de ladite ligne.

La société ainsi substituée fera son affaire personnelle de toutes les obligations du concessionnaire envers l'Etat et envers les tiers. Néanmoins, pour l'exécution des obligations naissant du cahier des charges de la concession, le concessionnaire restera envers l'Etat garant solidaire de la société qu'il se sera substituée.

Art. 18. Traité d'abonnement. — Les contrats pour la fourniture de l'énergie électrique seront établis dans la forme de traité d'abonnement qui seront communiqués à l'ingénieur en chef du contrôle des distributions d'énergie électrique. Le ministre des travaux publics, sur le rapport de l'ingénieur en chef et après avis du comité d'électricité, aura la faculté de prescrire la suppression de toute clause en contradiction avec le présent cahier des charges ou accordant à un abonné des avantages qui ne seraient pas accordés aux autres abonnés placés dans les mêmes con-

(3) Pour les régions autres que les régions libérées du Nord, les lignes visées sont les lignes à la tension de distribution en haute tension fixée par le cahier des charges, cette tension devant être supérieure à 1.000 volts sans dépasser 22.000 volts.

(4) La recette brute dont il s'agit s'entend de celle résultant de l'application du tarif maximum correspondant à la prime fixe annuelle indiquée à l'article 11 et aux prix proportionnels par unité complexe d'énergie basée sur le prix de 20 fr. pour l'index économique électrique.

ditions de puissance, d'horaire, d'utilisation, de consommation et de durée d'abonnement, sans qu'il soit tenu compte des conventions particulières pouvant exister à la date d'approbation du présent cahier des charges.

Art. 20. — Conditions particulières du service. — Le concessionnaire sera tenu de livrer le courant à toute heure de jour et de nuit. Il aura toutefois la faculté d'interrompre le service :

1° Pour l'entretien, les dimanches de 7 heures à 14 heures;

2° Pour les réparations urgentes à faire au matériel sur tout ou partie du réseau, sous réserve de l'autorisation de l'ingénieur en chef du contrôle, les jours ouvrables, de 9 heures à 15 heures, d'octobre à mars, et de 7 heures à 17 heures, d'avril à septembre.

Ces interruptions seront portées à la connaissance des abonnés.

Ce qui précède se rapporte à l'entretien normal du réseau ; en cas d'accidents exigeant une réfection immédiate, le concessionnaire est autorisé à prendre d'urgence les mesures nécessaires, sauf à en aviser le contrôle dans le plus bref délai. *(A suivre.)*

CESSATION DU RÉGIME TEMPORAIRE des brevets.

Un décret en date du 27 janvier 1920 met fin au régime temporaire de la propriété industrielle :

Art. 1er. — Cesseront d'être en vigueur, à compter du 1er février 1920, les dispositions temporaires du décret du 14 août 1914 suspendant les délais en matière de brevets d'invention et de dessins et modèles et de la loi du 27 mai 1915 établissant des règles temporaires en matière de propriété industrielle, sous les réserves et conditions ci-après déterminées.

Art. 2. — La première annuité des brevets ou la taxe des certificats d'addition déposés antérieurement à la publication du présent décret et sans versement de taxe par application du décret du 14 août 1914 doit être acquittée et le récépissé de versement adressé à l'office national de la propriété industrielle avant le 1er février 1921.

Les demandes pour lesquelles la taxe n'aura pas été payée dans le délai indiqué au paragraphe précédent seront considérées comme caduques. Les déposants auront la faculté de réclamer la restitution des pièces de leurs demandes moyennant le versement d'une taxe spéciale de 5 fr. au profit de l'Office national de la propriété industrielle. Les pièces non réclamées au 1er mars 1921 seront détruites.

Art. 3. — Les annuités des brevets d'invention échues depuis le 1er août 1914 et non payées à l'échéance peuvent être acquittées valablement et sans surtaxe avant le 1er février 1921, soit en un seul versement, soit par des versements successifs, dont chacun ne devra pas être inférieur à 100 fr. au minimum. Le délai supplémentaire de trois mois pour l'acquittement des annuités, prévu par la loi du 7 avril 1902 modifiant l'article 32 de la loi du 5 juillet 1844, pourra être applicable, à partir du 1er février 1921, à la dernière annuité restant à payer, dans les conditions déterminées par la loi précitée.

Art. 4. — Les délais légaux prévus, soit pour la mise en exploitation en France de l'invention brevetée, soit pour la cessation de cette exploitation, en tant qu'ils n'étaient pas expirés au 1er août 1914, sont prolongés pour une période de deux années à partir de la publication du présent sécret.

Les mêmes délais, en ce qui concerne les brevets d'invention dont la demande a été formée postérieurement au 31 juillet 1914, commenceront seulement à courir à dater de la publication du présent décret.

Art. 5. — Les délais impartis aux titulaires de certificats de garantie délivrés à l'occasion d'expositions organisées en France avec l'autorisation de l'administration ou avec son patronage pour réclamer la protection dont leurs découvertes, dessins, modèles ou marques sont légalement susceptibles, et les délais durant lesquels les déposants de dessins et modèles ou de marques de fabrique ou de commerce peuvent valablement requérir la prorogation avec ou sans publicité ou effectuer le renouvellement de leurs dépôts, lorsque ces délais sont venus à expiration depuis le 1er août 1914, sont prolongés jusqu'au 31 janvier 1921 inclusivement.

Art. 6. — Les délais de priorité prévus par l'article 4 de la convention d'union internationale de Paris du 20 mars 1883, revisée à Washington en 1911, qui n'étaient pas venus à expiration le 1er août 1914, et ceux qui ont commencé à courir depuis cette date, sont prolongés jusqu'au 31 juillet inclusivement.

Inventions. — Appareils et procédés nouveaux

BOUCHON DE FERMETURE PERFECTIONNÉ POUR ACCUMULATEURS

Ce bouchon (fig. 3) est destiné à sécher les gaz. Le parcours de ceux-ci est contrarié par des chicanes.

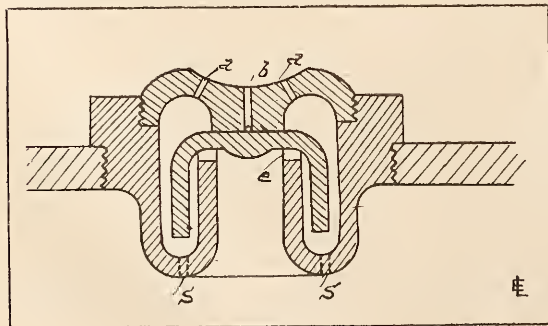


Fig. 1.

L'entrée des gaz est située en plusieurs points plus élevés que ceux de la rentrée dans l'élément des particules liquides retenues pendant le parcours.

Les gaz rentrent par *e* pour sortir en *a*. Les particules liquides peuvent retourner dans l'élément par les trous *s* ou plus haut par *b*. (Brev. Fr. 495.910.)

FABRICATION DE MATIÈRE ISOLANTE

On malaxe avec un liquide volatil :
10 kilos acide ferrique naturel ou précipité.
15 kilos talc, mica ou amiante en poudre.
Le produit obtenu est mélangé avec :
15 kilos fleur soufre.
15 kilos liège en poudre.

Après mise en moule, on comprime à 200 kilos par cm² vers 135°C.

Les caractéristiques de l'isolant obtenu sont :
Résistance électrique, 100.000 volts sur 1 cm épaisseur.
Ecrasement, 900 kilos par cm².

Il résiste en outre à l'huile, eau bouillante et à l'essence. Il peut se travailler comme le bois dur. — (Brev. Fr. 496.278.)

DISPOSITIF DE SÉCURITÉ POUR LAMPE A INCANDESCENCE

Ce dispositif empêche une personne incompétente de prendre la lampe à incandescence (hôtels, locaux publics, etc...).

Deux vis *b* fixées sur le support *f* (fig. 2) serrent la lampe. Un anneau *a* recouvre les vis et est fixé de telle façon qu'un

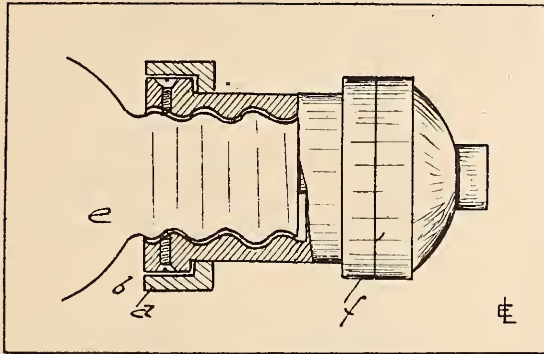


Fig. 2.

outil spécial puisse le déplacer vers le culot de la lampe, découvrant ainsi les têtes de vis. — (Brev. Fr. 496.059.)

LAMPE A ARC A PROJECTION DIRECTE

Dans une lampe à arc ordinaire, la lumière produite provient en grande partie du cratère (95 % du flux lumineux total — 4 % pointe négative et 1 % parties rouges).

Une grande quantité des rayons émis est arrêtée par le charbon négatif, par suite de sa position. Pour obvier à cet inconvénient, on sait qu'on enferme l'arc dans un globe diffuseur, qui donne lieu à une déperdition de lumière.

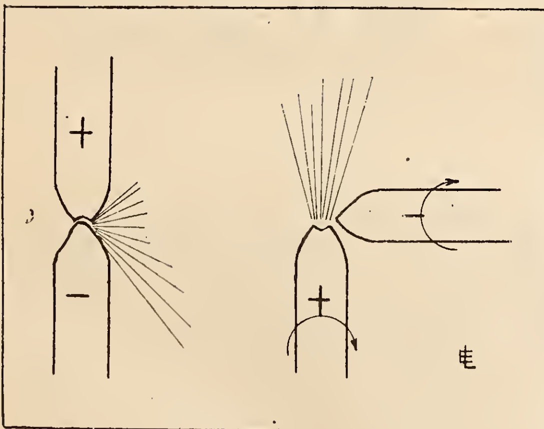


Fig. 3.

On propose dans l'invention de désaxer les charbons en les mettant à angle obtus, mais pour éviter que le cratère glisse et se forme obliquement, on fait tourner le charbon positif : on peut aussi faire tourner le charbon négatif.

Ce dispositif est employé pour les arcs de projection (fig. 3). — (Brev. Fr. 496.350.)

COUPLAGE POUR RÉGULATION DE TENSION AVEC TRANSFORMATEURS

Pour établir un rapport déterminé entre la tension du courant continu fourni par un transfrormateur ou un redresseur et le courant de décharge, on se sert de régulateurs instantanés, mais pour des variations brusques de charge, il y a des retards dus à l'inertie des masses. On combine alors le dispositif avec un transformateur auxiliaire.

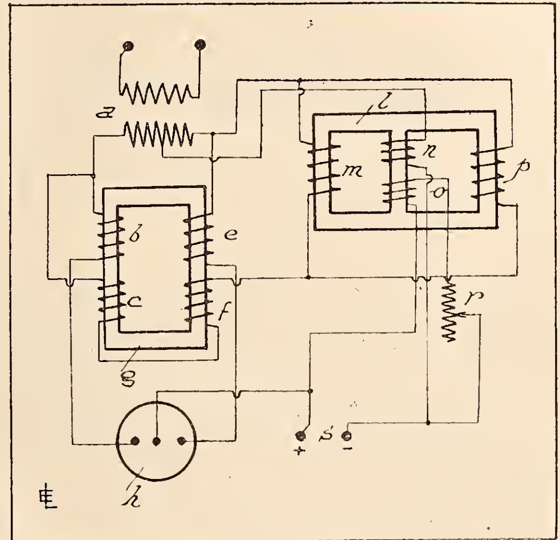


Fig. 4.

Pour un redresseur, par exemple (fig. 4), on intercale entre le transformateur *a* et le redresseur *h*, un transformateur auxiliaire *g* avec enroulements d'excitation *c*, *f*, et enroulements auxiliaires *b*, *e*. Puis on monte une bobine de réaction de compoundage *l*.

Les enroulements *n* et *o* sont calculés pour qu'une augmentation de la charge détermine une saturation du fer du noyau de *l* qui diminue la réaction des enroulements *p* et *m* et une augmentation de la tension du courant dans les enroulements *c*, *f* du transformateur *g*.

Par suite de l'augmentation de la tension d'excitation, la tension induite dans *b e* augmente à son tour et vient augmenter (ou diminuer) la tension du courant alternatif alimentant *h*. Le rhéostat *r* permet de faire varier le point de saturation du fer de la bobine *l*. — (Brev. Fr. 496.461 P. M)

MOTEURS SYNCHRONES A DÉMARRAGE EN ASYNCHRONES

Les moteurs polyphasés employés pour la propulsion des navires sont démarrés en moteurs asynchrones et fonctionnent pendant la marche normale en moteurs synchrones.

Les machines employées peuvent avoir des épanouissements polaires et une grande résistance courtcircuitée sur l'enroulement du rotor. L'excitation nécessaire pour la marche en moteur synchrone est fournie par un compensateur de phase ou par l'excitatrice, une résistance peut y être insérée. Les moteurs peuvent être montés en cascade. Afin d'éviter un voltage dangereux lors d'un démarrage ou d'un changement de marche, les enroulements du rotor peuvent être différentiels lorsqu'ils sont alimentés en courant continu et en opposition s'ils sont alimentés en courant alternatif. Les sections des enroulements différentiels sont tels que l'échauffement ait approximativement la même valeur. (Brev. angl. 133.310.)

RÉSISTANCES ÉLECTRIQUES AU THALLIUM

Un élément de résistance comprend (fig. 5) un composé de thallium et de soufre étendu à une haute température sur un disque 1 de quartz, de silice ou de toute autre matière qui portée à une haute température n'altère pas le composé ci-dessus. La couche 2 composée de préférence d'oxysulfure de thallium est étendue sur le disque 1; les contacts 3, 4, 5 sont disposés comme le montre la figure

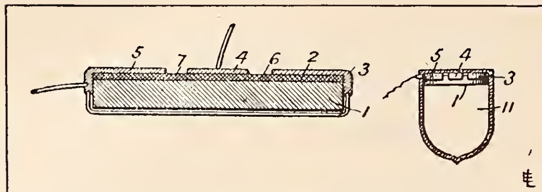


Fig. 5.

et laissent les parties 6, 7 exposées aux rayons lumineux. Le tout peut être enfermé dans une enveloppe 11 dont on a enlevé toute trace d'humidité et dans laquelle on peut faire le vide. Le composé d'oxysulfure de thallium et le disque peuvent être chauffés en même temps; on étend ensuite la composition sur le disque et aussitôt la couche formée, on refroidit le tout immédiatement. La température la plus convenable pour la formation de cette couche est d'environ 650° Farenheit. — (Brev. angl. 133.404.).

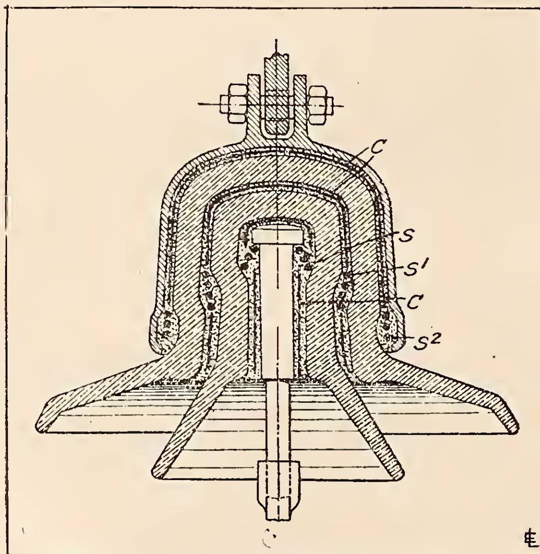


Fig. 6.

ISOLATEUR RENFORCÉ

Cet isolateur (fig. 6) est formé de deux ou plusieurs parties cimentées ensemble et possède un filet métallique C inséré entre elles et noyé dans le ciment. Des spirales de fer ou de tout autre matière convenable S, S', S² sont aussi réparties dans l'isolateur et servent à renforcer sa résistance mécanique. (Brev. angl. N° 132.417.) — MM.

CHAUFFAGE DES ISOLATEURS DE VAPEUR PAR L'ÉLECTRICITÉ

Les électrodes plongeant dans l'eau d'un bouilleur à vapeur sont séparées par des cloisons isolantes possédant des ouvertures longitudinales de façon à ce que la surface laissée au passage du courant entre les électrodes varie avec la hauteur de l'eau. Si l'on emploie ce système sur les locomotives, les cloisons servent aussi à empêcher les oscillations du niveau de l'eau.

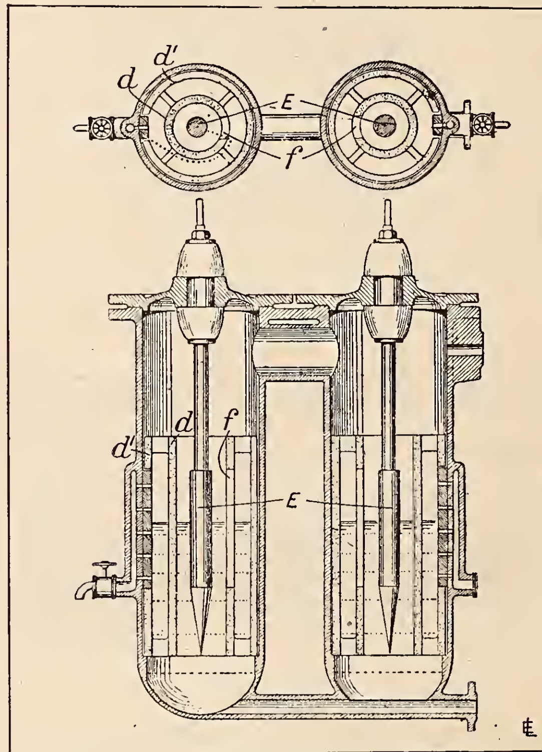


Fig. 7.

L'électrode E (fig. 7) immergée dans l'eau du bouilleur est surmontée par deux cylindres concentriques *d*, *d*' constitués de porcelaine, de quartz ou autre matière isolante; ces cylindres sont disposés de telle sorte que les ouvertures *f* soient dans des directions opposées. Le courant passe entre l'électrode et les parois du bouilleur. Les deux bouilleurs représentés sur la figure sont réunis par les conduites d'eau et de vapeur. L'excès d'eau d'alimentation est évacué lorsque la pression s'élève dans le bouilleur à travers une soupape retenue normalement sur son siège par un ressort. L'eau de la chaudière peut aussi être évacuée par une soupape automatique; elle sert alors à réchauffer l'eau d'alimentation.

Pour empêcher l'eau de s'élever par-dessus le sommet des électrodes, les petits chevaux alimentaires ou la soupape d'alimentation sont contrôlés électriquement; dans ce but un contact est fixé dans les parois du bouilleur et entre en action lorsqu'il est atteint par l'eau. (Brev. angl. N° 133.361.) — MM.

L'ÉCOLE DE L'ÉLECTRICIEN

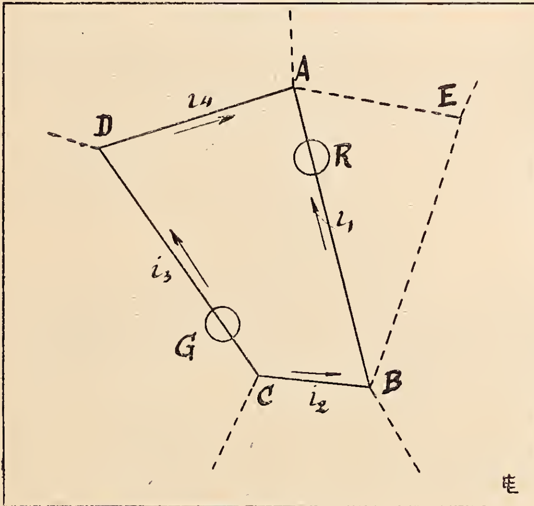
Enseignement pratique de l'électricité industrielle.

Nous rappelons que dans le but d'intéresser d'une façon particulière les lecteurs de cet enseignement à un travail suivi, qui puisse leur être réellement profitable, nous avons ouvert entre eux un **CONCOURS**, *doté de* **PRIX**.

Des **MENTIONS** seront en outre délivrées à tous les participants dont les envois auront obtenu une moyenne au moins égale à la note 14. Nous invitons tous nos lecteurs à nous adresser, dans le délai d'un mois, les solutions des problèmes proposés. Des *mentions* seront décernées à tous ceux qui auront obtenu une moyenne d'au moins 14 pour un nombre de problèmes dont le minimum sera déterminé par le jury du concours.

Sommaire : *Deuxième loi de Kirchhoff. Exercices et problèmes proposés aux lecteurs.*

Deuxième loi générale de Krihchoff. — Nous donnons la loi générale pour donner satisfaction à tous les lecteurs.



Fg. 27i

Appelons V_A, V_B, V_C, V_D les potentiels aux points A, B, C, D; i_1, i_2, i_3, i_4 les courants dans les conducteurs AB, BC, CD, DA et r_1, r_2, r_3, r_4 les résistances pour chacun de ces conducteurs.

Le réseau fermé A B C D fait partie d'un réseau plus étendu, comme le montre la figure. Supposons qu'un *générateur* G de force électromotrice E existe dans le circuit C D et qu'un *récepteur* R de forme contre-électromotrice E', (voir paragraphe 13) existe sur A B.

Comme précédemment, il y a entre A et B une chute de tension due à la fois à la perte en ligne et au récepteur ou un relèvement de tension dû au générateur ; on a donc :

$$U_B - U_A = -r_1 i_1 - E'$$
$$U_C - U_B = -r_2 i_2$$
$$U_C - U_D = -E - r_3 i_3$$
$$U_D - U_A = -r_4 i_4$$

ou encore :

$$U_B - U_A = -r_1 i_1 - E'$$
$$U_C - U_B = -r_2 i_2$$
$$U_D - U_C = r_3 i_3 - E$$
$$U_A - U_D = r_4 i_4$$

En additionnant, on a :

$$0 = -r_1 i_1 - E' - r_2 i_2 + r_3 i_3 - E + r_4 i_4$$
$$E + E' + r_1 i_1 - r_2 i_2 - r_3 i_3 - r_4 i_4 = 0$$

D'une façon générale on a (1) :

$$\pm \Sigma E \pm \Sigma ri = 0 \text{ (27 bis).}$$

Nous allons tâcher de faire comprendre ce qui précède par quelques exercices d'application.

Exercices.

Exercice 1. — *On a un circuit fermé A B C faisant partie d'un réseau de distribution. Les courants dans les circuits AB, BC, CA ont le sens indiqué par les flèches et pour valeur respectives :*

Dans AB : 15 *ampères ; dans B C* : 12 *ampères ; dans CA* : 8 *ampères. On demande les valeurs et les sens des courants dans les tronçons Aa, Bb, Cc.*

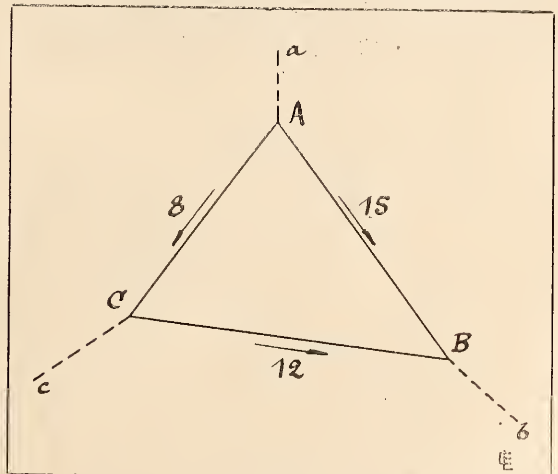


Fig. 28.

(1) Σ Lettre grecque *sigma*, veut dire « la somme de toutes les valeurs de... »

Solution.

D'après la première loi de Kirchhoff on a :

Tronçon Aa : 15 ampères dans AB s'éloignent

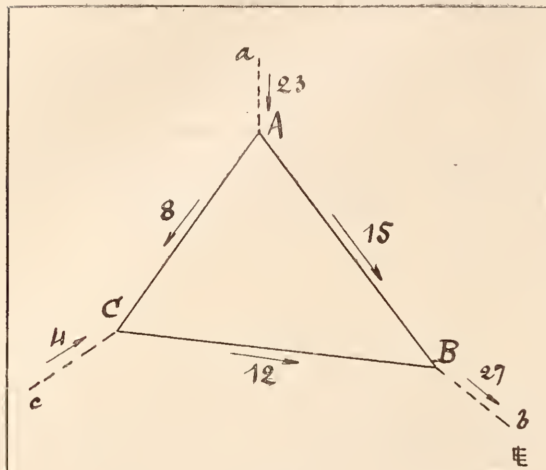


Fig. 29.

de A et 8 ampères dans A*c* s'éloignent de A, donc :

$$15 + 8 = 23 \text{ ampères}$$

doivent s'approcher de A. C'est le courant total dans le tronçon A*a*.

Tronçon Bb.

$$15 + 12 = 27 \text{ ampères}$$

s'éloignent de B.

Tronçon Cc

$$12 - 8 = 4 \text{ ampères}$$

s'approchent de C.

Les sens de courants dans les tronçons A*a*, B*b*, C*c* sont indiqués par des flèches.

Exercice 2. — *On a un circuit formé de deux résistances* R_1 *et* R_2 *en parallèle et d'une résistance* R_3

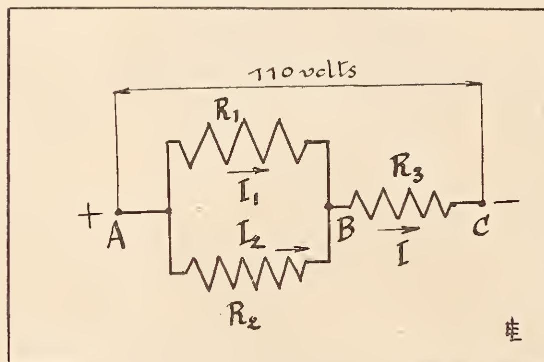


Fig. 30.

en série avec les deux premières. Les valeurs des trois résistances sont : $R_1 = 2$ ohms, $R_2 = 3$ ohms *et* $R_3 = 1$ ohm.

Entre A et C existe une tension de 110 volts. Calculer les courants dans chacune des résistances.

Solution.

Il nous faut calculer d'abord la résistance totale du circuit entre A et C, comme nous l'avons déjà expliqué (paragraphe 14).

Appelons R la résistance entre A et B. On a, comme l'on sait :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{5}{6}$$

c'est-à-dire

$$R = \frac{6}{5} \text{ d'ohm, soit 1 ohm, 2.}$$

La résistance totale entre A et C est donc :

$$1,2 + 1 = 2 \text{ ohms, 2.}$$

Voyons le courant total dans le circuit, c'est :

$$\frac{110}{2,2} = 50 \text{ ampères.}$$

Nous appliquerons maintenant la première loi de Kirchhoff, qui donne la valeur du courant total dans la résistance R_3, soit :

$$I = I_1 + I_2,$$

D'autre part, on a, d'après les données du problème :

$I_1 = 32$ ampères
$I_2 = 10$ —
$I_3 = 12$ —
$I_4 = 18$ —

Nous avons maintenant à appliquer l'une des lois de Kirchhoff, la deuxième, donnant la somme des produits RI, qui sont, d'après ce que nous venons de voir :

pour AB : $R_1 I_1 = 3 \rho \times 33$
— BC : $R_2 I_2 = 4 \rho \times 10$
— CD : $R_3 I_3 = 7 \rho \times 12$
— DA $R_4 I_4 = \rho \times \frac{150}{S} \times 18$
—

Faisons la somme de ces produits conformément à la deuxième loi de Kirchhoff, on trouve :

$$3\rho \times 32 + 4\rho \times 10 + 7\rho \times 12 - \rho \frac{150}{S} \times 18 = 0$$

ou encore :

$$3 \times 32 + 4 \times 10 + 7 \times 12 - \frac{150}{S} \times 18 = 0$$

puisque la lettre ρ est dans tous les termes et qu'il suffit de diviser par ρ tous ces termes en supprimant cette lettre,

c'est-à-dire : $$220 - \frac{150}{S} \times 18 = 0$$

De cette dernière relation on déduit la section du côté DA du quadrilatère.

c'est : $$S = \frac{150 \times 18}{220} = 12 \text{ millimètres carrés env.}$$

Nous avons donc là une application des lois de Kirchhoff au calcul des réseaux,

$$I_1 + I_2 = 50 \text{ ampères}.$$

Nous appliquerons ensuite la deuxième loi entre les points A et B, ce qui nous donnera :

$$R_1 I_1 - R_2 I_2 = 0,$$

c'est-à-dire

$$R_1 I_1 = R_2 I_2,$$

d'où l'on déduit :

$$I_1 = \frac{R_2 I_2}{R_1}$$

Comme $R_1 = 2$ ohms et $R_2 = 3$ ohms, nous aurons :

$$I_1 = \frac{3}{2} I_2, \text{ soit } 1{,}5\, I_2$$

mais nous venons de voir que : $I_1 + I_2 = 50$ ampères.

Si nous remplaçons I_1 par $1{,}5\, I_2$, nous obtiendrons :

$$1{,}5\, I_2 + I_2 = 50$$

ou encore

$$2{,}5\, I_2 = 50,$$

d'où l'on déduit :

$$I_2 = \frac{50}{2{,}5} = 20 \text{ ampères}.$$

Le courant dans la résistance R_2 est donc de 30 ampères.

En résumé les courants sont :

30 ampères dans R_1,
20 ampères dans R_2,
et 50 ampères dans R_3.

PROBLÈMES PROPOSÉS AUX LECTEURS

Problème 19. — On donne un circuit en quadri-

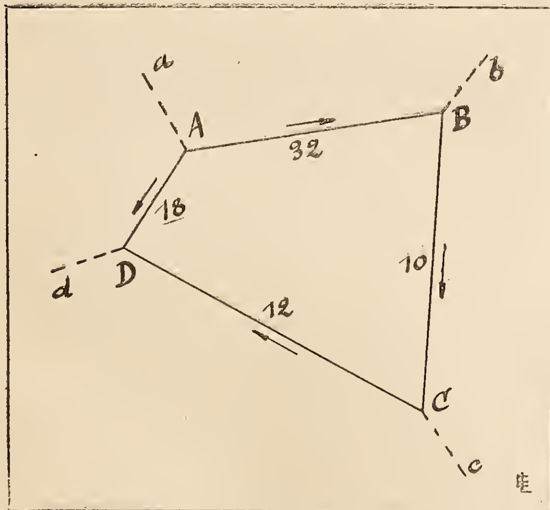


Fig. 31.

latère A B C D. Les courants sont respectivement $I_1 = 32$ ampères dans AB, $I_2 = 10$ ampères dans BC, $I_3 = 12$ ampères dans CD et $I_4 = 18$ ampères dans DA.

Les courants ont les sens indiqués par les flèches.

On demande la valeur du courant dans les artères A*a*, B*b*, C*c*, D*d* en pointillés et leur sens.

Problème 20. — Dans l'exercice précédent, sachant que les côtés du quadrilatère A B C D ont pour longueur et pour sections respectivement :

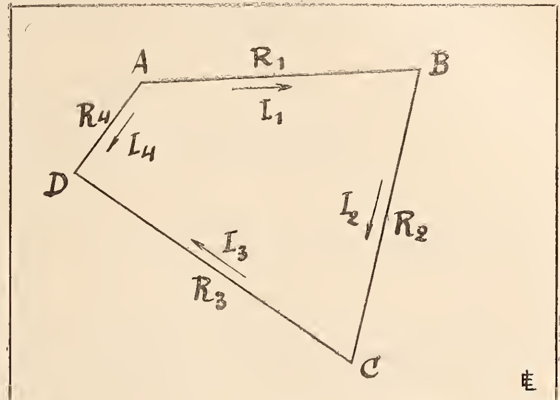


Fig. 32.

pour AB	300 mètres	et	100 millimètres carrés		
— BC	200	—	et	50	— —
— CD	420	—	et	60	— —
— DA	250	—	et	S	— —

On demande de calculer la section S du côté DA.

Solutions des problèmes proposés aux lecteurs.

Problème 15. — Solution.

1° La première réponse à ce problème est donnée par la formule (23)

$$E = U + r\,I.$$

Nous connaissons, en effet, U qui a pour valeur 220 volts, r résistance intérieure de la génératrice qui est de 0,3 ohm et la charge I de 350 ampères, nous obtenons donc :

$$E = 220 + 0{,}3 \times 350 = 325 \text{ volts}$$

qui est la force électromotrice de la génératrice.

2° A propos de la formule (21) $E = RI + rI$, nous avons dit que $RI = U$ et la chute de tension dans le circuit extérieur; on a donc $U = 220$ volts et, par conséquent,

$$R \times 350 = 220, \text{ c'est-à-dire } R = \frac{220}{350} = 0{,}63 \text{ ohm},$$

à peu près.

Dans ces conditions, la machine débitera les 350 ampères sous la tension de 220 volts.

Problème 16. — Solution.

Nous savons que l'arc crée dans un circuit une force contre-électromotrice, elle est ici de 58 volts.

D'après ce que nous avons déjà dit, nous appellerons E la force électromotrice de la génératrice, E'

celle de l'arc, la force électromotrice résultante E_1 sera alors de $E_1 = E - E'$.

Si nous appelons en outre r la résistance intérieure de la génératrice, nous aurons une formule analogue à celle déjà vue (21), c'est-à-dire ici :

$$I = \frac{E_1}{R + r}$$

Calculons E_1, on a :

$$E_1 = 120 - 58 = 62 \text{ volts.}$$

Comme I = 95 ampères, r = 0,4 ohm, on peut écrire :

$$95 = \frac{62}{R + 0{,}4}$$

Ceci peut se mettre sous la forme :

$$95 \times R + 95 \times 0{,}4 = 62$$

ou encore

$$95 = 62 - 95 \times 0{,}4 = 24 \text{ volts}$$

d'où la valeur de la résistance à intercaler :

$$R = \frac{24}{95} = 0{,}25 \text{ ohm, à peu près.}$$

R. Sivoine.
Ingénieur E. T. P.

Errata aux précédents numéros ;

P. 20, dernière ligne, $\frac{I}{V} = \frac{1}{R}$ au lieu de $\frac{I}{V} + \frac{1}{R}$.

P. 23, fin 1re col., 0,883 au lieu de 0,833.

P. 24, 5e ligne, C = 2,4 au lieu de F = 2,4.

P. 47, dernière ligne, 15,2 mm² et non 152 mm².

Notre Concours.

++

Désireux d'encourager les concurrents, nous donnons la liste des envois ayant obtenu **au moins la moyenne 14 :**

1re Série. Problèmes 1 à 7, n° du 30 novembre 1919 :

MM. Adam, Baratin, Bécot, Benoit R., Boutès, Brochard, Chatel, David, Deblock, Decourdemande, De la Cotardière, Delèze, Foreau, de Farnowski, Grégoire M., Hanot, Jeannet, Labbé M., Lambert M., Lamy, Leclerc, Mahl, Marchand, Marzolin, Merlat, Mérou J., Pacaut, Picherit, Parent, Rasquin, Rau, Thomas, Thomas R.

TRIBUNE DES ABONNÉS

DEMANDES

N° 59. — J'ai eu à faire l'essai d'un alternateur entraîné par un moteur courant continu shunt à 220 volts. Ne possédant qu'une distribution d'énergie à 110 volts, j'ai dû mettre deux génératrices 110 volts en série suivant le montage de la figure ci-contre.

J'ai monté mes deux génératrices G1 et G2 à excitations séparées. — J'ai dû faire un essai de rodage des paliers de l'alternateur; et pour cela j'ai dû faire tourner mon moteur à demi-vitesse en l'alimentant sous 110 v. seulement.

Donc une seule génératrice G2 débitait, et le courant ne faisait que traverser G2 non excitée. Ensuite j'ai excité G2 de façon à avoir 220 volts aux bornes du moteur. — Donc, lorsque je n'avais que 110 volts et que le courant traversait G2 non excitée cette dernière aurait dû tourner en moteur et s'emballer ?

Je demande l'explication de ce phénomène.

Si j'excitais les 2 génératrices en shunt, l'emballement aurait-il lieu dans les mêmes conditions ? Sinon pourquoi?

Paul Fourty, 8e génie, poste T. S. F., Belfort.

N° 60. — Lorsque les pôles d'une dynamo à courant continu sont renversés, quelle est la meilleure solution pour remettre les choses à l'état normal?

M. Dalmon, électricien, Espalion, Aveyron.

N° 61. — J'aurais à reconstituer des plaques d'accumulateur à oxyde rapporté : je ne puis trouver une formule exacte de constitution de la pâte : c'est-à-dire les produits ainsi que leur quantité entrant dans sa composition.

Je sais évidemment que la positive est à base de minium et la négative à base de litharge; mais il y a d'autres produits à y incorporer pour donner la dûreté et l'adhérence : quelle est également la densité de l'acide sulfurique servant à délayer les produits?

Guiset, à Sorel-Moussel, Eure-et-Loir.

N° 62. — Quel est le moyen le plus efficace contre le vol des lampes électriques dans une usine?

Vion, 17, avenue de la Glacière, Argenteuil.

N° 63. — Veuillez bien nous indiquer l'adresse de maisons françaises ou autres qui fabriquent des convertisseurs à mercure.

Société Lorraine des chemins de fer électriques Thionville.

RÉPONSES

N° 51. — La lampe à Magnéto système Luzi est en vente au bazar d'Electricité, boulevard Henri-IV, Paris (IVe), au prix de 50 francs.

N° 55. Les leçons d'électrotechnique générale de P. Janet sont publiées chez Gauthier-Villars, quai des Grands-Augustins et la nouvelle édition n'est pas encore sortie. Les tomes 1 et 2 valent 13 francs chacun plus 50 0/0 de majoration.

R. de L.

Le Gérant : L. De Soye.

35e Année. — No 1247. 1er Mars 1920.

L'ÉLECTRICIEN

Revue Internationale de l'Électricité & de ses applications

PARAISSANT LE 1er ET LE 15 DE CHAQUE MOIS

Rédacteur en Chef : Maurice SOUBRIER

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

PROFESSEUR ADJOINT D'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

SOMMAIRE

RÊSEAUX H. T.

Les Postes de distribution de courant haute tension

de la Société du " SUD LUMIÈRE "

Au moment où le groupement des centrales électriques paraît s'imposer et entraîner la disparition des secteurs locaux, il est intéressant d'étudier un grand réseau de distribution dont le concessionnaire ne fait que transporter et distribuer l'énergie électrique produite par de grosses centrales.

La Société du Sud Lumière, fondée il y a une quinzaine d'années, avait pour but d'alimenter, en courant triphasé 13.500 volts, 25 périodes, une sous-station de tramways de Versailles et les postes de transformation des localités rencontrées sur son chemin.

Le courant fourni par la Compagnie générale de distribution d'énergie électrique, usine de Vitry, était envoyé à Porchefontaine, banlieue de Versailles, par deux lignes dont l'une passait par Bourg-la-Reine.

Cette ville formait le centre d'un secteur qui ne tardait pas à s'étendre rapidement.

Prévoyant des extensions d'une part, et pour éviter des arrêts fâcheux dus à l'unité de source d'autre part, le Sud-Lumière décida d'établir un réseau polygonal, pouvant être sectionné de sommet à sommet, doublé d'un réseau distributeur ayant ces sommets comme centre d'alimentation.

Dans le but de diminuer les risques d'arrêts simultanés d'un même côté du feeder, les lignes importantes de transport sont exclusivement souterraines, celles de distribution seules étant aériennes.

Le projet 1911-1912 comportait 7 sommets au polygone formé par le réseau, mais ce nombre augmenta par la suite avec l'agrandissement du secteur. A chaque sommet du réseau est établi un poste de distribution permettant d'alimenter le secteur correspondant par les circuits les plus divers. Un examen de la carte (fig. 1) permet de juger de la possibilité d'alimenter un point quelconque du réseau en cas d'avarie de l'alimentation directe en faisant le détour qu'exigeront les circonstances.

Les sept postes sont situés aux lieux suivants : Rungis, Vitry, Corbeil, Vilgénis, Villeneuve-Saint-Georges, Mandres, Sceaux-Robinson.

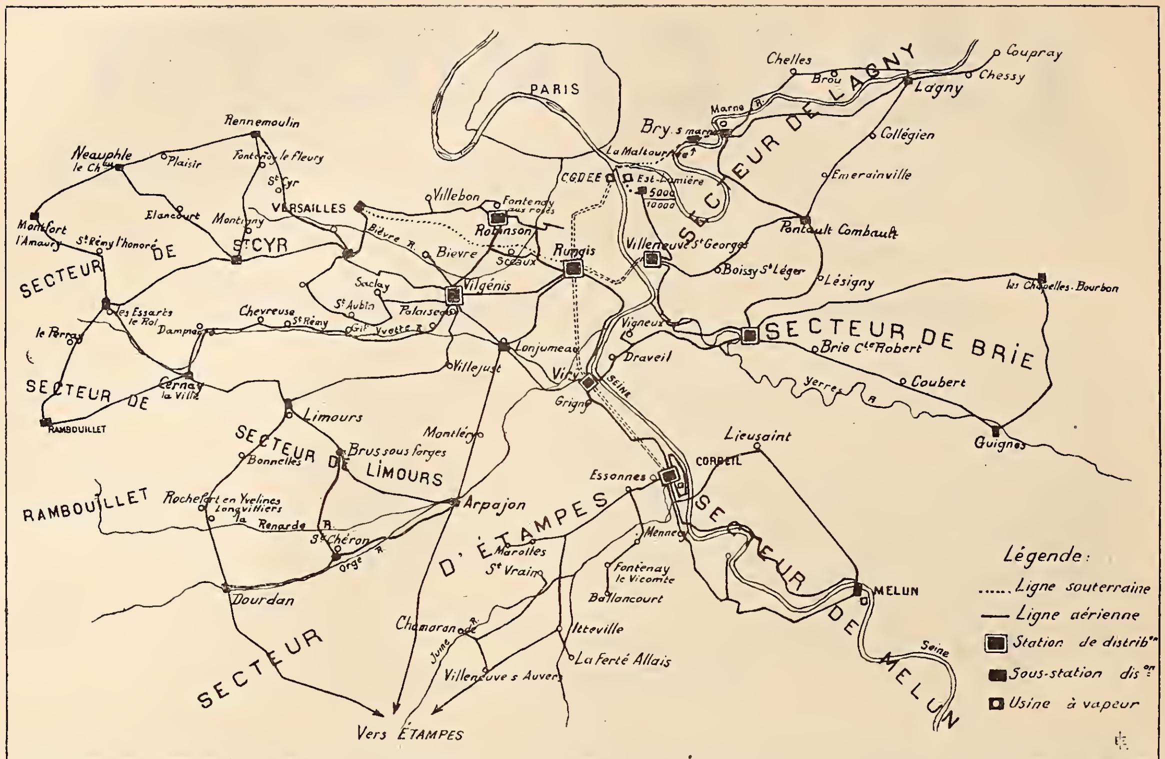


Fig. 1. — Carte du réseau haute tension du Sud-Lumière.

La source principale du courant reste la C. G. D. E. E. par son usine de Vitry. Elle alimente directement le poste de Rungis par deux câbles en parallèle, souterrains, avec le minimum de détours. Ces câbles sont capables de transporter 200 ampères. Ce poste est prévu pour recevoir deux autres câbles.

Ces deux câbles continuent leur chemin jusqu'à Corbeil en passant par le poste de Vitry.

Le poste de Villeneuve-Saint-Georges est réuni au poste de Rungis également par deux câbles souterrains en parallèle.

Les autres lignes sont aériennes et constituées par des conducteurs en cuivre placés sur des isolateurs à ombelles en verre ou en porcelaine ; de nombreux essais de supports en verre ant été faits et ont donné de bons résultats. Les isolateurs sont placés sur des poteaux en bois ou en ciment armé suivant le profil des lignes. Les traversées de routes, chemins de fer, sont à fils porteurs arrêtés sur quatre isolateurs (arrêté du 21 mars 1911). Les poteaux dans ce cas sont métalliques.

Les supports des isolateurs sont des consoles à colliers.

Les moyens de protection contre les décharges atmosphériques consistent soit en « fil de terre » placé au-dessus des lignes H T, soit en paratonnerre placé sur chaque poteau, relié aux ferrures d'isolateurs et à la terre.

L'utilisation rurale en basse tension est assurée par des postes de transformation sur poteaux avec prise de courant à différents voltages. Dans les agglomérations importantes il y a des postes sur pylônes métalliques ; cette disposition permet de ne pas encombrer les rues et de simplifier les branchements.

La disposition de l'usine génératrice de Vitry entraîne une installation triphasée à point neutre à la terre.

Pour des raisons particulières d'exploitation, le Sud-Lumière avait envisagé la suppression de cette mise à la terre, idée qui n'a pas été maintenue, car cela aurait amené à établir un poste de transformation au rapport 1/1 excessivement onéreux. On conserva donc le système de la C. P. D. E., mais pour éviter la répercussion à Vitry des à-coups du réseau on disposa en cascade toute une série de relais tripolaires, agissant séparément et indé-

pendamment pour chaque phase et localisant en des tronçons relativement courts les interruptions de courant.

Cette disposition est une grande garantie pour l'exploitation du réseau qui pourra toujours être alimenté tant qu'un alternateur fonctionnera, quelles que soient les avaries survenant en un point quelconque des lignes.

POSTES DE DISTRIBUTION

Dans les postes alimentés par deux câbles en parallèle, à chacun de ces câbles correspond un jeu de barres omnibus. Les deux jeux de barres sont disposés parallèlement entre eux et à l'axe de bâtiment; ils sont placés en une nappe horizontale sous le plafond du rez-de-chaussée.

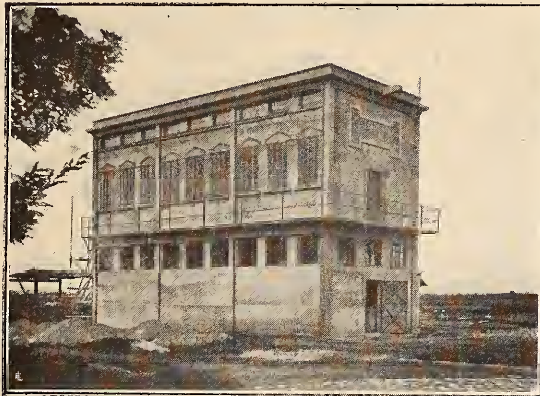


Fig. 2. — Vue extérieure du poste de Rungis.

Dans les postes à une arrivée il n'y a qu'un jeu de barres ; on a profité de ce fait pour réduire la largeur des bâtiments.

Tous ces postes comprenant essentiellement des arrivées et des départs, le Sud-Lumière a de suite songé à utiliser cette propriété, pour composer les bâtiments de cellules en nombre égal au nombre d'arrivées et de départs et appelées éléments. Tous ces éléments ont la même largeur et se poursuivent du rez-de-chaussée au premier étage perpendiculairement aux barres omnibus ; ils sont disposés de part et d'autre de l'axe longitudinal des bâtiments formant ainsi des tranches accolées les unes aux autres.

Ces tranches ont $1^{m},50$ de longueur et $4^{m},50$ ou $5^{m},40$ de largeur suivant qu'on a des postes à un ou deux jeux de barres.

Il y a donc deux largeurs de poste comme il a été déjà dit plus haut et des longueurs qui sont toutes des multiples de $1^{m},50$.

Les cellules sont cloisonnées au premier étage formant ainsi de véritables niches ; le plancher laisse une ouverture au fond contre le mur extérieur ; au rez-de-chaussée il n'y a pas de cloison entre les cellules voisines. Le haut est réservé aux

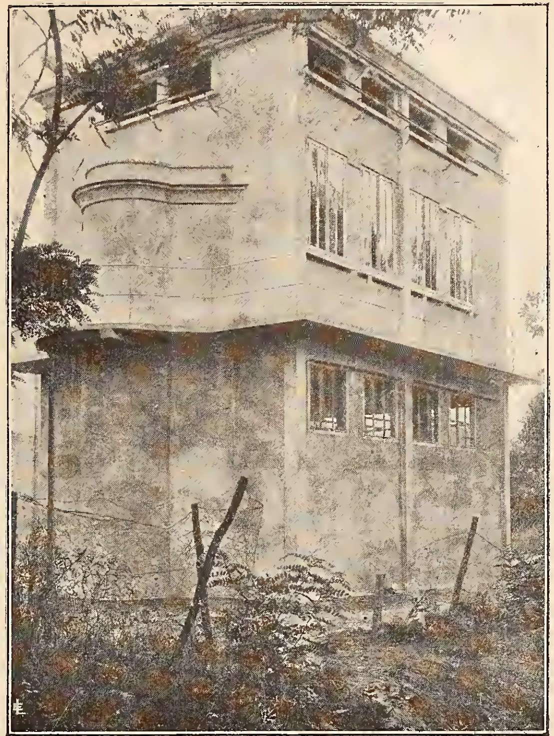


Fig. 3. — Poste de Vitry. — L'escalier est placé dans une rotonde extérieure visible à gauche de la photographie

appareils haute tension et le bas aux tableaux de commande et de contrôle.

Après plusieurs avant-projets où furent successivement envisagées les solutions suivantes : maçonneries de pierres de taille et meulières, pans de fer et briques, béton armé, on adopta ces matériaux comme les mieux appropriés à la forme générale prévue, aux cloisonnements intérieurs entre cellules permettant de localiser tout court-circuit ou commencement d'incendie.

Les bâtiments se présentent (fig. 2 et 3) tous sous une forme rectangulaire avec un toit en terrasse, une série de trois ouvertures par travée : une de $1 \times 1^{m},50$ destinée aux entrées ou sorties de lignes, sous la corniche ; une de $1 \times 1^{m},70$ au premier étage fermée par deux vantaux s'ouvrant à l'extérieur sur un balcon qui permet l'accès aux appareils H. T. et une autre de 1×1^{m} au rez-de-chaussée.

Une porte fait communiquer le balcon avec l'intérieur du bâtiment.

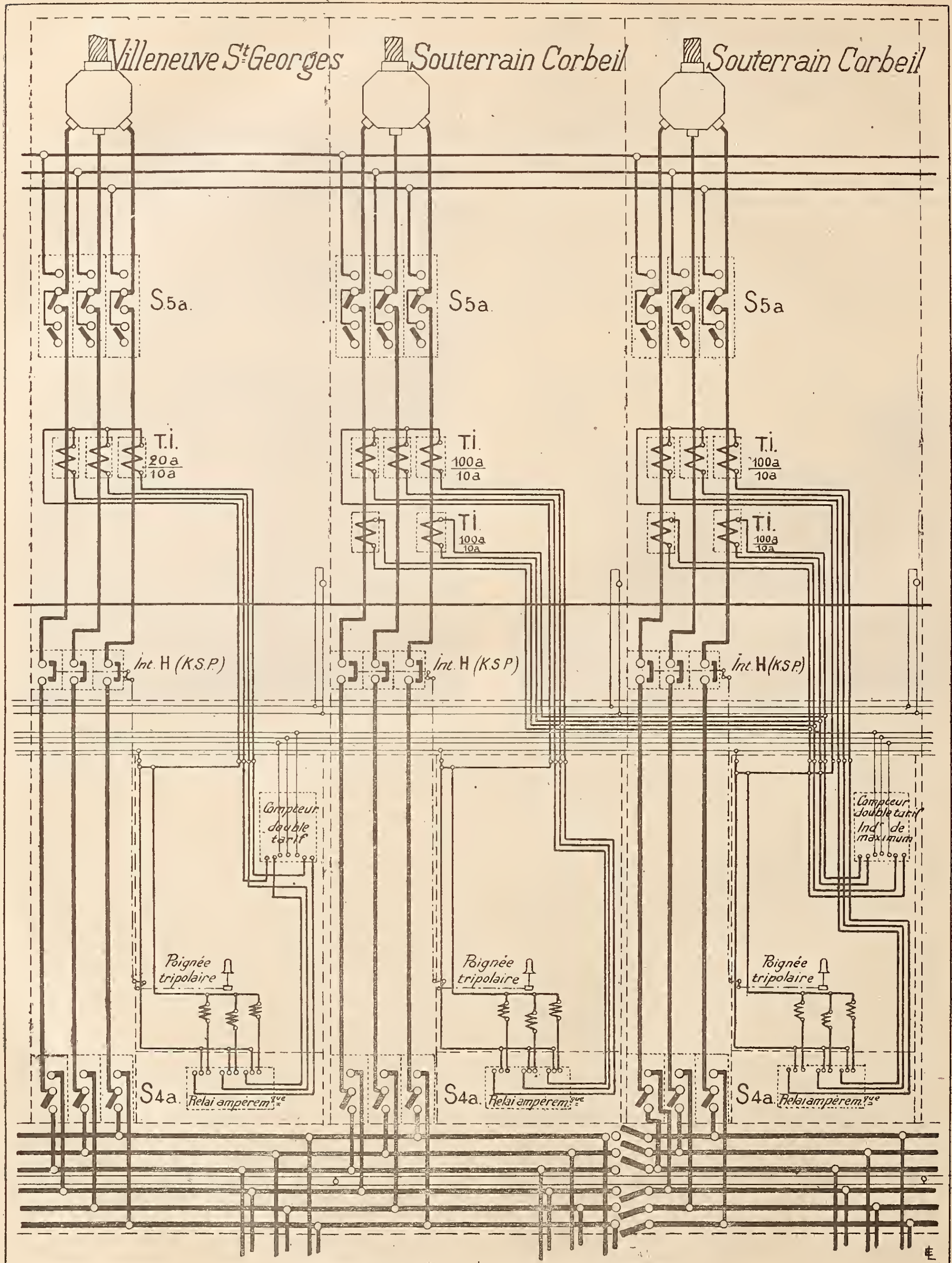


Fig. 4. — Schéma de 3 éléments B (poste de Rungis).

EQUIPEMENT ELECTRIQUE

Les différents éléments constitutifs des postes ont reçu des appellations diverses suivant leur fonction :

A. — Arrivée souterraine d'alimentation;

B. — Arrivée ou départ ordinaire (souterrains et aériens);

C. — N'est plus employé;

D. — Ligne passant en série dans un poste, appellation imagée pour indiquer qu'à la ligne entrante correspond une ligne sortante;

E. — Alimentation aérienne spéciale des postes en bout de ligne;

F. — Alimentation par dérivation sur les lignes série D;

G. — Départs pour clients;

H. — Couplage de barres omnibus;

I. — Service du poste;

J. — Essais des lignes.

Éléments A. — Ces éléments, destinés à l'alimentation du poste de tête, peuvent être sectionnés directement après l'arrivée, puis, par l'intermédiaire d'interrupteurs dans l'huile, être coupés automatiquement pour une surcharge dépassant une valeur donnée, au bout d'un temps réglable; enfin, par l'organe de sectionneurs à double direction, ils peuvent diriger le courant soit sur l'un soit sur l'autre jeu de barres omnibus du poste. L'automaticité de l'interrupteur dans l'huile est assurée par une poignée de commande à trois électros, décourt-circuitée en temps de surcharge par des relais wattmétriques à champ tournant et contacts à mercure, alimentés eux-mêmes par trois renforçateurs d'intensité monophasés 200/10 ampères, et par un transformateur de potentiel triphasé 13.500/125 volts à point neutre sorti. Le transformateur de potentiel est protégé par des fusibles à fil d'argent.

Ces éléments A sont protégés par des limiteurs de tension à boules sans liaison directe avec la terre.

Eléments B. — Ces éléments, les plus communs de toute l'installation, servent d'extrémité à toutes les grandes lignes, sur lesquelles sont prises les dérivations utilisatrices. Ils sont, suivant les cas, aériens ou souterrains. Aériens, ils possèdent des spires de self et des parafoudres à intervalles d'air. Souterrains, ils n'ont que des limiteurs de tension. Comme les éléments A, ils peuvent être sectionnés en trois points, dont l'un par automaticité de l'interrupteur dans l'huile, qui est à action différée pour les lignes importantes et à action instantanée pour les lignes moins sujettes aux court-circuits.

La figure 4 donne le schéma de 3 éléments B contigus du poste de Rungis.

Au sujet des relais une remarque vient se placer relativement au décompte de la puissance fournie. Les compteurs placés en série avec des relais sans noyau de fer ne subissent l'effet de décalage des champs qu'au moment du déclanchement, le passage du courant anormal entraîne une variation de l'induction du noyau des électros, des poignées et de la self résultante, mais comme à ce moment précis la ligne se coupe, le compteur s'arrête; l'erreur est très petite par rapport à la puissance enregistrée. Il n'y a donc aucun inconvénient à alimenter en série, et par les mêmes transformateurs d'intensité, le relais et le compteur à la condition toutefois d'avoir été étalonnés ensemble.

Mais dans le cas de déclanchement instantané quand il n'y a pas de relais, si on laissait le courant dans les électros des commandes de déclanchement, les noyaux décaleraient l'intensité par rapport à la force électromotrice et diminueraient la valeur du champ tournant du compteur; d'autre part, les noyaux des poignées de déclanchement étant continuellement en mouvement suivant les variations du courant du réseau, on ne pourrait même pas compter sur une graduation fictive des compteurs. On est donc amené à exciter séparément, en ampères, les enroulements des poignées et ceux des compteurs, d'où adjonction de deux transformateurs de même rapport pour les compteurs.

Eléments D. — Lorsqu'un poste se trouve sur le passage direct d'un feeder ou d'une ligne de distribution aérienne, on fait passer cette ligne à l'intérieur du poste avec les trois coupures suivantes : sectionneurs, interrupteurs dans l'huile automatiques et sectionneurs. L'ensemble constitue l'élément D. Le tableau basse tension porte une poignée de déclanchement automatique pour ledit interrupteur, avec ou sans relais.

Eléments E. — Cet élément qui n'est qu'une variante d'élément B, en contient tous les appareils, mais a été prévu pour pouvoir devenir ligne-série, analogue à l'élément D.

Eléments F. — L'alimentation propre des postes traversés par des lignes-série, (éléments D) est prise en dérivation sur celles-ci; l'élément correspondant constitue l'élément F. Il n'y a aucun intérêt pour ces dérivations à produire une coupure automatique, d'ailleurs difficile à régler; on se contente donc de manœuvrer l'interrupteur à la main. En revanche il est utile de connaître à tout instant la consommation totale du poste pour contrôler les indications des compteurs « Clients ».

Il faut donc avoir des transformateurs d'intensité

pour le compteur totalisateur de l'élément. Dans le cas de deux éléments F en parallèle (poste de Vitry), il suffit d'avoir la consommation totale; on peut donc économiser un compteur en faisant débiter en parallèle les deux groupes de transformateurs dans celui des compteurs que l'on conserve.

Eléments G. — Les prévisions qui ont guidé cette installation étant très larges, un certain nombre de cellules destinées à des clients certains, mais dans un temps plus ou moins éloigné, ont été conservées vides dans les postes, mais sont disposées pour recevoir un élément B par la suite. Ces éléments munis d'un panneau en blanc sont appelés G,

Eléments H. — Ces éléments, destinés au couplage des barres omnibus des postes à deux jeux de barres. comportent un sectionneur hexapolaire et un interrupteur dans l'huile manœuvrable à la main.

Eléments I-J. — Contrairement aux autres éléments qui ont chacun leur panneau basse tension et sont totalement indépendants les uns des autres, ceux-ci, sont desservis par un panneau commun, disposition plus commode pour les manœuvres spéciales réservées à ces éléments.

L'ensemble comprend : un transformateur dit de service utilisé à faible charge en temps ordinaire. Ce transformateur, qui atteint 50 kws dans certains postes, est du rapport 13.500/210/125 volts, 25 périodes.

Il alimente exclusivement le tableau B. T.

De ce tableau, après passage dans un compteur, le courant peut être utilisé pour l'éclairage et les services du poste : pompes, ventilateurs, etc., et dirigé sur un autre transformateur dit d'essais, généralement monophasé, de mêmes caractéristiques que le précédent qui relève la tension à 13.500 volts suivant l'essai que l'on veut faire.

Les conducteurs alimentant le transformateur d'essais comprennent, sur leur parcours, des fusibles facilement remplaçables, et réglés pour l'intensité permanente maximum des appareils (60 à 250 amp, suivant les cas).

Les conducteurs H. T. partant de ce transformateur alimentent un jeu de barres omnibus placées suivant l'axe longitudinal des bâtiments et sous le plafond du premier étage; ce sont les lignes d'essais.

Pour rechercher les défauts d'une ligne on isole celle-ci des postes de tête en ouvrant les premiers sectionneurs; ces sectionneurs, qui sont en même temps des inverseurs, permettent de brancher les lignes à essayer sur les lignes d'essais. On relie l'autre extrémité de l'enroulement du transformateur d'essais à la terre. Il est évident que si la ligne possède un point à la masse, un courant d'autant plus intense que le court-circuit est plus franc va s'établir dans la ligne et brûler les parties combustibles causant le court-circuit. Si la cause ne disparaît pas, le circuit B. T. débite outre mesure et les fusibles placés sur le panneau fondent au bout de quelques secondes. De ce fait, si le défaut n'est pas conjuré, il est mieux signalé, et comme les essais se font phase par phase, on sait où diriger les recherches.

POSTE DE RUNGIS

Le poste de Rungis est alimenté par deux éléments A. Deux cellules sont en attente pour recevoir plus tard deux autres éléments A. La boîte d'extrémité d'un câble souterrain est placée à la partie supérieure du bâtiment. Chaque phase de cette boîte est réunie à l'inverseur dont il a été question plus haut. Ces inverseurs sont à couteaux montés sur isolateurs porcelaine scellés eux-mêmes sur une base en lave de volvic.

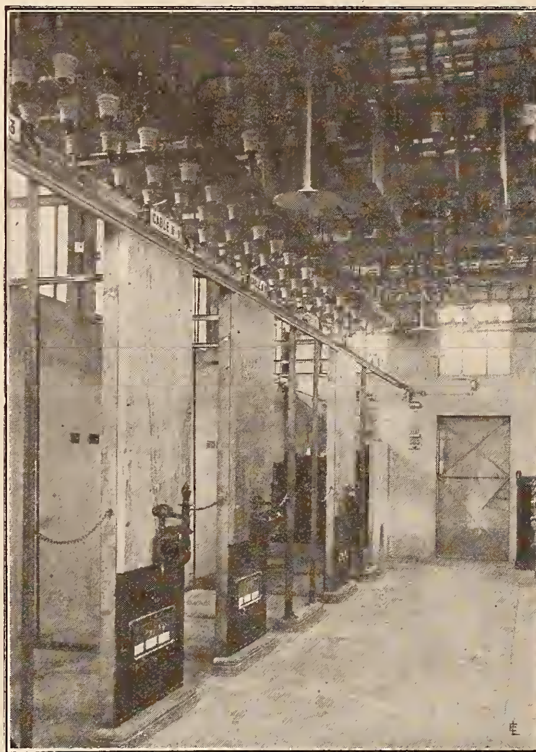


Fig. 5 — Vue du rez-de-chaussée du poste de Rungis.

Sur la même base que ces sectionneurs sont ceux de dérivation aux paratensions.

Après les sectionneurs viennent les transfor-

mateurs de mesure et de sécurité dont nous avons vu le fonctionnement; l'interrupteur à huile automatique à phases séparées. Tous ces appareils sont au premier étage.

Ensuite, au rez-de-chaussée, viennent les sectionneurs à double direction permettant d'alimenter soit l'un ou l'autre jeu de barres omnibus. (fig. 5).

Ces deux jeux de barres peuvent être coupés au milieu de leur longueur par des sectionneurs spéciaux afin d'isoler tel tronçon en cas de besoin.

Les barres omnibus sont portées par des supports scellés dans des porcelaines montées sur des bases en lave; les barres sont donc dans un couloir formé par le plafond et par les laves et les plaques de fibro-ciment qui ont été placées entre ces bases en lave; le maximum de précautions a été réalisé de cette manière.

Dans les différents départs on retrouve les mêmes appareils dans le même ordre, avec des bobines de self et parafoudres à la place des paratensions.

Au rez-de-chaussée sont les panneaux marbre des éléments. Ils portent les compteurs (la photographie a été prise avant la pose de ceux-ci), la poignée de l'interrupteur à huile qui le commande par l'intermédiaire de leviers et de tringles, puis sur un soubassement en tôle gaufrée, le relais-wattmétrique ou ampèremétrique. Les panneaux sont agrémentés à la partie supérieure d'un fronton et de volutes en fer forgé; dans le fronton est une plaque émaillée rappelant la destination de l'élément.

Le tableau des éléments I J est placé au premier étage, monté sur charnière afin de permettre l'accès au transformateur d'essais placé derrière lui. Le transformateur de service correspondant est placé au rez-de-chaussée; il est visible sur la photographie à gauche de la porte.

Les barres omnibus sont en cuivre nu alors que les autres connexions ont été réalisées en fil de 80 /10 isolé par 15 couches de toile huilée.

Dans un but de standardisation toutes les connexions entre les différentes transformations d'intensité de potentiel, relais, compteurs, poignées, ont été faites à l'aide de câbles sous plomb.

Il a été établi plusieurs mises à la terre : une spéciale pour les quatrièmes éléments des parafoudres, une pour les masses métalliques des divers appareils et du bâtiment; une pour les paratonnerres qui surmontent le bâtiment. Les prises de terre sont constituées par des plaques de cuivre noyées en terre au milieu d'un lit de coke.

Les entrées de lignes aériennes, placées aussi haut que possible sous la corniche très saillante du bâtiment, sont constituées par un cadre en fer sur lequel deux demi-vitres à coupure horizontale et à recouvrement viennent s'appliquer.

Ces deux demi-vitres, qui portent trois encoches en forme d'U, forment par leur superposition trois passages circulaires.

Les fils tendus passent dans un tube de cristal recuit, centré par deux cônes en cuivre embouti, attachés après le fil et le tout traverse les vitres par les encoches.

La tension des fils est faite sur des isolateurs d'arrêt spéciaux.

R. Wolff,
Ingénieur E. T. P.

L'ELECTRIFICATION A 3.000 VOLTS COURANT CONTINU
DU CHICAGO-MILWAUKEE RAILWAY (1)

Protection des groupes transformateurs.

L'un des inconvénients du courant continu à haute tension (même à partir de 600 volts), réside dans le danger de coups de feu, « flashes over », aux collecteurs des dynamos, en cas de forte surcharge brusque ou de violents courts-circuits. Les dispositifs de protection sont décrits dans cette étude.

PROTECTION DES GROUPES MOTEURS-GÉNÉRATEURS CONTRE LES « FLASHES » PROVENANT DE COURTS-CIRCUITS.

La présence des pôles auxiliaires ne diminue pas la tendance aux flashes; on pourrait même dire, d'après l'expérience, qu'elle contribue plutôt à l'augmenter, peut-être d'ailleurs uniquement parce que les dynamos à pôles auxiliaires sont généralement à forte tension moyenne entre lames.

Heureusement les flashes font le plus souvent plus de bruit que de besogne destructive; ils restent cependant suffisamment dangereux pour qu'il soit nécessaire de les supprimer en vue d'obtenir une bonne exploitation courante. Les constructeurs ont donc entrepris des études méthodiques et très approfondies du phénomène qui leur ont permis de déterminer les dispositions à adopter pour en éviter la production.

(1) Voir l'*Electricien*, 15 janvier et 1er février 1920.

Le flash provient très probablement d'un petit arc entre deux lames successives du collecteur, naissant à la suite d'un excès de tension entre ces lames, au moment où elles quittent un balai. A l'instant du court-circuit, l'intensité atteint en effet une valeur considérable en un temps très court, de l'ordre de un centième de seconde. Lorsque des arcs se sont ainsi produits successivement entre toutes les paires de lames comprises entre deux balais, tous ces arcs élémentaires, qui engendrent des vapeurs chaudes et conductrices entraînées par le collecteur, se soudent entre eux pour former un arc continu, constituant le flash, qui finit par joindre les balais de polarité contraire ou la masse, si l'on marche avec un pôle à la terre.

Le flash ne se produit donc pas instantanément, mais seulement au bout d'un temps égal à celui demandé par le passage d'une lame d'un balai au balai suivant, c'est-à-dire à une demi-période dans

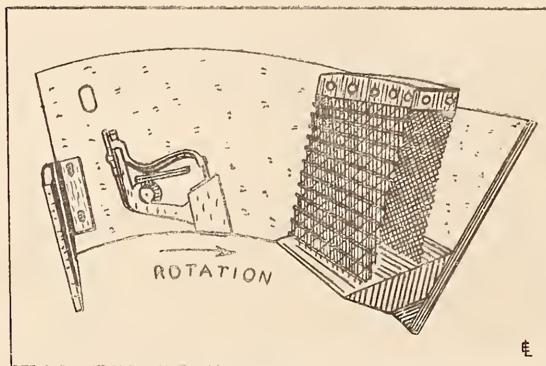


Fig. 1.

le cas d'une commutatrice. Ce temps est de un centième de seconde pour une commutatrice à 50 périodes, de deux centièmes de seconde pour une commutatrice à 25 périodes. Pour les dynamos des groupes de 2.000 kw du Chicago-Milwaukee, munies de 8 pôles et tournant à la vitesse de 514 t/m, ce temps est évidemment de :

$$\frac{60}{514 \times 8} = 0{,}015 \text{ secondes.}$$

Pour éviter le flash, il faut :

1° Empêcher la propagation de l'arc et pour cela essayer de chasser vers l'extérieur les vapeurs conductrices tout en les refroidissant ;

2° Disposer d'un interrupteur extra-rapide qui coupe le circuit ou y intercale une résistance, de façon que le courant ne conserve une valeur dangereuse que pendant un temps inférieur à la durée critique déterminée plus haut (temps nécessaire pour qu'une lame du collecteur ait tourné d'un intervalle polaire).

Ecrans antiflashes.

La première condition a été réalisée par l'emploi de l'appareil représenté par la figure 1. Chaque ligne de balais est enfermée dans une véritable boîte en matière isolante, à la fois incombustible et aussi conductrice que possible de la chaleur. En avant de la ligne de balais, dans le sens de la rotation, une pièce en V, la pointe tournée vers les balais, vient enserrer le collecteur avec un jeu très petit, de l'ordre du millimètre. Sous cette pièce isolante, l'arc ne se propage pas facilement. Des séparations parallèles et perpendiculaires aux lames du collecteur donnent à l'ensemble isolant la forme d'une cheminée. La masse des écrans refroidit l'arc. On a ajouté deux toiles métalliques formant alvéole : la face placée du côté des charbons est à grandes mailles pour permettre le passage des vapeurs ; la seconde toile est à mailles plus fines. Les gaz refroidis au contact de ces toiles sont ensuite rejetés loin du collecteur par la cheminée.

L'emploi des écrans antiflashes a donné d'excellents résultats. Bien qu'ils suffiraient peut-être, à eux seuls, à assurer une sécurité suffisante, on les utilise concurremment avec les interrupteurs extra-rapides.

Interrupteurs extra-rapides.

Nous avons vu plus haut qu'il faut couper le courant dans un temps de l'ordre de un centième de seconde. On ne peut donc utiliser dans ce but les disjoncteurs automatiques ordinaires qui n'agissent qu'au bout de 6 à 10 centièmes de seconde.

Des essais à l'oscillographe exécutés sur les génératrices de 2.000 kw à 2 × 1.500 volts ont montré qu'en cas de court-circuit franc aux bornes de l'ensemble formé par deux génératrices en série, le courant commençait par croître au taux d'environ 1.000 ampères par millième de seconde et atteignait, sans dispositif de protection, un maximum de 15.000 ampères environ. Or le courant normal est de 667 ampères et le courant de surcharge triple, qui est la limite prévue pour le bon fonctionnement instantané de la disjonction, est de 2.000 ampères. Ces chiffres montrent que le problème n'était pas aisé à résoudre.

La General Electric C° a construit deux types d'interrupteurs extra-rapides qui intercalent dans le circuit, dans un temps de 6 à 8 millièmes de seconde, une résistance non inductive. Au taux de 1.000 ampères par millième de seconde, le courant de court-circuit (aux bornes) a donc eu le temps d'atteindre une intensité de 6 à 8.000 ampères au moment où l'interrupteur entre en fonctionnement. Il tombe à 2.500 ampères au bout d'un

temps total de 15 millièmes de seconde et est finalement coupé, après 50 à 60 millièmes de seconde, par le déclenchement du disjoncteur ordinaire. Le phénomène de la rupture dure environ 25 millièmes de seconde.

Lorsque le court-circuit se produit à une certaine distance de la sous-station, le taux d'augmentation du courant est beaucoup moins rapide, la valeur maxima atteinte est beaucoup plus faible. Ainsi, à 10 kilomètres d'une sous-station, ce maximum n'est plus que de 2.200 ampères.

Dans le premier type d'interrupteur extra-rapide construit par la G. E. C°, la grande rapidité de coupure était obtenue en employant un ressort puissant, comprimé à près de 3.500 kgs, commandé par un relais-série au moyen d'une détente analogue à celle d'un fusil. Une bobine de soufflage intercalée en série dans le circuit et comprenant environ 20 spires, produisant par conséquent 160.000 ampères-tours au moment du courant maximum de 8.000 ampères, assurait la prompte suppression de l'arc.

Cet appareil encombrant, coûteux et très lourd, a été remplacé par un autre beaucoup plus réduit et plus économique dans lequel l'armature, très légère, maintenue collée sur l'électro principal au moyen d'une bobine shunt, assure la fermeture du circuit entre deux blocs de cuivre rouge sous une pression totale de 100 kgs environ. Un ressort tend à séparer l'armature et une barre placée en série dans le circuit principal produit dans l'armature un champ local qui neutralise en partie le champ de la bobine de maintien et produit le décollage lorsque cet affaiblissement est suffisant.

Jusqu'à présent, il n'a été employé qu'un seul interrupteur extra-rapide par sous-station ; cet appareil est placé entre la barre négative du tableau et le sol. Pour les sous-stations de la ligne Othello-Seattle-Tacoma, en cours d'électrification, il est prévu un appareil par groupe moteur-générateur, et l'appareil est placé entre la borne de la génératrice négative et les champs série de l'excitatrice du moteur (au point B de la figure 6 de la page 30, *Electricien* du 1er février 1920).

Cette disposition ne présente pas d'inconvénients pour un chemin de fer à voie unique, comme le Chicago-Milwaukee-Saint-Paul. Mais si la sous-station alimentait par divers feeders plusieurs lignes à double voie en un nœud important, il serait préférable, malgré la dépense importante qui en résulterait, d'employer un interrupteur extra-rapide sur chaque feeder afin de n'isoler que le feeder en court-circuit.

Nous verrons plus loin que la Westingouse a résolu le même problème d'une façon toute différente. Quoi qu'il en soit, on peut dire que le flash est un phénomène parfaitement évitable et n'apportant plus aucune gêne à l'exploitation. Ce résultat fait le plus grand honneur aux ingénieurs américains dont les recherches dirigées avec méthode et ténacité ont été couronnées de succès.

Limitation de la puissance absorbée par les sous-stations.

Nous devons dire maintenant quelques mots d'un dispositif de réglage spécial destiné à limiter les pointes et que l'on a été obligé d'installer par suite de la nature du contrat passé avec la « Montana Power Company » pour la fourniture du courant

L'énergie est payée au kilowatt-heure, mais le réseau doit indiquer la puissance maxima qu'il prendra et garantir un coefficient d'utilisation d'au moins 60 % de cette valeur. Autrement dit, le minimum de kilowatts-heure à payer est égal à 60 % du nombre de kilowatts-heure correspondant à l'utilisation permanente de la puissance maxima demandée. Si, dans le courant de l'année, la valeur maxima annoncée a été dépassée, c'est par rapport à la nouvelle pointe que les 60 % seront calculés.

Il en résulte pour l'exploitant une préoccupation constante de ne pas avoir de pointes trop fortes et d'obtenir une consommation moyenne élevée. Mais pour pouvoir établir un réglage de la puissance absorbée, il est nécessaire de connaître à chaque instant sa valeur et le problème est compliqué du fait qu'il y a plusieurs points d'alimentation. Il a cependant été résolu d'une façon fort simple et relativement peu coûteuse. Supposons qu'il s'agisse de limiter automatiquement la puissance totale absorbée par l'ensemble de 7 sous-stations de traction figurées en A, B, C, D, E, F, G (fig. 2), branchées en dérivation sur la ligne triphasée 100.000 volts que nous désignerons par L L. Cette ligne est elle-même alimentée en trois points, dans les sous-stations B, D, F, par trois lignes L_1, L_2 et L_3 venant des usines de la Montana Power C° et comportant chacune un wattmètre *b*, *d*, *f*.

Nous avons figuré en M le bureau du « train dispatcher » ou chef du mouvement des trains. C'est là que l'on doit à la fois faire la somme des indications des balances wattmétriques *b*, *d*, *f* et régler la puissance totale absorbée. En M. se trouve un petit groupe transformateur *t* d'une puissance d'un kilowatt produisant une force électromotrice V, en courant continu, appliquée à une ligne à deux fils l_1 et l_2 qui parcourt la voie et pénètre en série dans chacune des 7 sous-stations. Cette tension V dépend d'ailleurs de la puissance maxima admise pour l'ensemble des sous-stations de la division contrôlée par le poste M : ainsi, pour la division des Montagnes-Rocheuses, où la puissance est

actuellement fixée à 14.000 kw, cette tension est de l'ordre de 900 à 1.200 volts. Dans la ligne l_1, l_2, dite *circuit limiteur*, peuvent être intercalées, en série, dans les sous-stations B, D, F, recevant l'énergie de la Montana, des résistances r_b, r_d, r_f, dont les valeurs peuvent être réglées par les wattmètres *b*, *d*, *f*, et qui sont proportionnelles *à la variation* de la puissance absorbée par chaque sous-station. En désignant par R la résistance propre de la ligne, en dehors des résistances réglables, le courant circulant dans l_1 et l_2 est :

$$i = \frac{V}{R + r_b + r_d + r_f}$$

Le courant *i* est donc à chaque instant *inversement* proportionnel à la puissance totale formée par les lignes L_1, L_2, L_3. On conçoit que, par ce

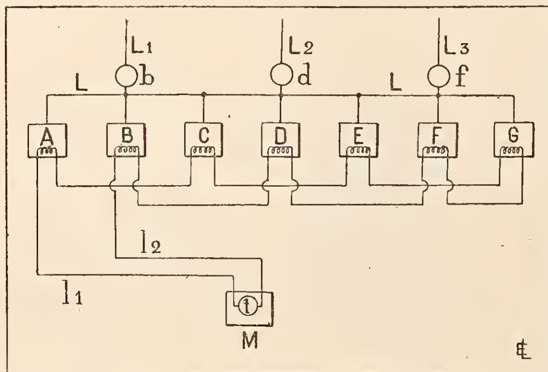


Fig. 2.

procédé, le poste M est à chaque instant renseigné sur la puissance absorbée par le réseau tout entier. Pour éviter que cette dernière dépasse une certaine valeur, il suffit de pouvoir baisser automatiquement le voltage dans les sous-stations lorsque le débit *i* devient inférieur à une certaine valeur. La vitesse de tous les trains sera ralentie, mais le service de l'exploitation accepte cette gêne et organise d'ailleurs la marche des trains en cherchant à réduire la puissance maximum, en vue de réaliser la plus grande régularité de la charge absorbée et la plus faible dépense pour le paiement de l'énergie électrique.

La baisse de voltage s'obtient en utilisant encore les lignes l_1 et l_2. Dans chaque sous-station elles alimentent un relais spécial agissant sur un petit moteur qui règle l'excitation des génératrices. L'ensemble est réglé pour que le courant *i* défini plus haut soit égal à 0,237 ampère pour une puissance de 14.000 kw. Tant que le courant reste supérieur ou égal à cette valeur, les relais ne bougent pas; dès que le courant dans le circuit limiteur descend au-dessous de cette valeur, les relais entrent en action; chacun d'eux démarre un moteur qui introduit une résistance dans l'enroulement shunt de l'excitatrice des génératrices dont la tension est abaissée. Lorsque la pointe a disparu et que le courant du circuit limiteur est revenu à 0,237 ampère, le relais fonctionne en sens inverse et le moteur ramène à zéro la résistance intercalée. Les génératrices sont ramenées à leur tension de régime et les trains reprennent leur vitesse normale.

On remarquera que les lignes l_1 et l_2 passent chacune une sous-station sur deux. Le but de cette disposition est de pouvoir, en cas d'avarie à l'une des lignes, régler la moitié des sous-stations en faisant le retour par la terre.

Comme la résistance propre R de la ligne peut varier avec la température ou pour toute autre cause, il faut que le « train dispatcher » qui est au poste M puisse la vérifier périodiquement. Dans ce but, il inverse le sens de la force électromotrice V appliquée au circuit limiteur; immédiatement, un relais à retour de courant, placé dans chacune des sous-stations d'alimentation B, D, F, court-circuite les résistances r^b, r^d, r^f indicatrices des puissances. En lisant simultanément le voltmètre et l'ampèremètre, le chef du mouvement peut régler facilement la résistance *morte* R de l'ensemble de la ligne à sa valeur normale.

Un ampèremètre ordinaire et un ampèremètre enregistreur, intercalés dans le circuit limiteur et gradués directement en kilowatts, donnent à chaque instant la puissance totale absorbée.

Les wattmètres *b*, *d*, *f* ont leur enroulement-série branché sur le secondaire de transformateurs d'intensité dont le primaire est branché sur les lignes primaires L_1, L_2, L_3 venant de la Montana Power. Les enroulements de tension des wattmètres sont branchés sur la basse tension des transformateurs de la sous-station.

Signalons une difficulté assez grande provenant de ce que certaines sous-stations peuvent fonctionner comme stations *d'échange*, c'est-à-dire qu'elles restituent au réseau de l'énergie absorbée par une autre sous-station ou provenant de la marche en récupération ; dans ce cas, la puissance est négative. Tant que cette puissance négative n'est pas trop grande, on résout la difficulté en faisant correspondre la valeur zéro, intercalée dans le circuit limiteur, à la valeur absolue de la puissance négative maxima susceptible d'être atteinte. On s'arrange d'ailleurs pour que les lignes d'alimenta-ion soient établies de façon à éviter des échanges trop grands de sous-station à sous-station.

Tout ce dispositif, en somme très simple, fonctionne parfaitement.

Actuellement, la puissance maxima garantie est de 24.000 kw pour tout le réseau. La Montana Power vend le courant 3 centimes le kilowatt-heure (en comptant le dollar à 6 francs). Comme le kilowatt-an revient à 168 francs à la Compagnie du Chicago-Milwaukee, il en résulte que l'utilisation de la puissance maxima atteint le chiffre magnifique de 5.600 heures par an. Les ingénieurs européens pourraient s'inspirer d'un aussi beau résultat.

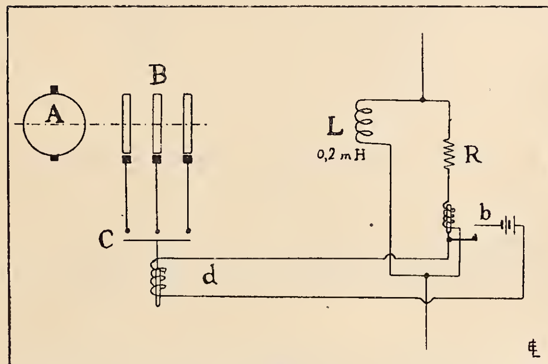


Fig. 3.

Nous verrons plus loin que la Société Westinghouse a résolu le même problème par un procédé tout différent.

SOUS-STATION WESTINGHOUSE

Nous avons signalé dans des articles précédents (1) que l'on procède actuellement à l'électrification de la section de Columbia, dite zone de la Cascade, qui va d'Othello à Seattle et à Tacoma. Les fournitures de la nouvelle installation ont été partagées entre la General Electric Company et la Westinghouse Electric and Manufacturing Company, soit pour la première 5 sous-stations et pour la seconde 3 sous-stations (Kittitos, Doris et Taunton).

Les groupes moteurs-générateurs de la Westinghouse et leur mode d'excitation sont analogues à ceux de la General Electric décrits précédemment; mais le dispositif de protection des groupes moteurs-générateurs contre les flashes provenant des courts-circuits est basé sur un principe tout différent.

L'induit A de chaque groupe (fig. 3) est relié à trois bagues B, comme le serait l'induit d'une commutatrice triphasée, c'est-à-dire à trois points à 120°. Des contacteurs C établissent, entre des balais frottant sur ces bagues, un court-circuit franc, sous l'action d'un relais à maximum *b* qui, intercalé dans le circuit principal, provoque la fermeture de ces contacteurs, lorsque le courant débité atteint une valeur dangereuse susceptible de produire un flash. En série avec la bobine du relais *b* est montée une résistance R, et en dérivation sur cet ensemble est branchée une bobine de self-induction L sans fer, d'une valeur de 0.2 millihenry, dont la présence, par suite de son montage en shunt, augmente la rapidité de croissance du courant dans le relais.

C'est l'établissement du court-circuit entre les trois bagues triphasées B qui constitue le dispositif antiflash. Tout se passe comme si on avait affaire à une commutatrice triphasée dans laquelle on créerait un court-circuit supplémentaire du côté alternatif, faisant ainsi débiter à l'induit un courant supplémentaire *ne passant pas par les balais*, ce qui évidemment atténue la tendance au flash au collecteur. D'une part la tension entre lames du collecteur se trouve ramenée à une valeur très faible; d'autre part, le champ inducteur principal est neutralisé, de sorte que si le flash n'est pas commencé lors de la fermeture des contacteurs C, il ne se produit pas, et que, s'il est amorcé, il s'arrête immédiatement avant d'avoir pu provoquer des dégradations au collecteur.

Dans le cas d'un court-circuit franc, le courant continu croît d'abord au taux d'environ 1.400 ampères par millième de seconde. La self-induction L accélère l'établissement du courant dans le relais *b*. Lorsque le courant dans le circuit principal atteint environ 5.000 ampères, le relais *b* ferme les contacteurs C. La fermeture du court-circuit triphasé aux trois bagues B se trouve ainsi réalisée au bout de 6 millièmes de seconde; elle amène la décroissance rapide du courant continu, qui tombe sensiblement à zéro au bout d'environ 15 millièmes de seconde, c'est-à-dire au bout d'une demi-période, comme nous l'avons calculé plus haut, temps normal d'établissement du maximum du courant de court-circuit. Pendant les demi-périodes suivantes, le courant continu reparaît à nouveau et oscille entre des maxima et des minima dont l'écart diminue progressivement, jusqu'à ce qu'il se fixe à une valeur non dangereuse, de l'ordre de cinq fois le courant normal, en attendant qu'il soit coupé par le disjoncteur ordinaire.

Ce dispositif très ingénieux s'est parfaitement comporté aux essais, mais il lui manque la sanction de l'expérience en exploitation normale, relativement au fonctionnement des sous-stations voisines. On peut également signaler que ce système fonctionnant sur les groupes eux-mêmes et non sur les circuits de départ, a l'inconvénient de ne pas se prêter à l'élimination exclusive du feeder en court-circuit, ce qu'on peut faire avec le dispositif des interrupteurs extra-rapides de la General Electric.

(1) Voir *Electricien* des 15 janvier et 1er février, pp. 2 et 25.

Pour limiter la puissance maximum absorbée par les sous-stations de la division, le procédé de la Westinghouse est différent de celui de la General Electric. Au lieu d'insérer dans le circuit limiteur des résistances proportionnelles à la variation de la puissance, on utilise dans ce circuit des courants alternatifs et on y intercale, à chaque point d'alimentation, des appareils qui augmentent la fréquence d'une quantité proportionnelle à la puissance. La fréquence finalement obtenue au bureau du « train dispatcher » est une fonction linéaire de puissance totale.

Le réglage de l'excitation dans les sous-stations se fait par deux relais polarisés en sens inverse. Ces relais sont commandés par un courant continu envoyé automatiquement du bureau du dispatcher, dans un sens ou dans l'autre, dans le même circuit limiteur.

A. Tétrel.
Ingénieur E. S. E.

NOTRE HOUILLE BLANCHE

Mesure du débit de cours d'eau de moyenne importance.

Nous avons donné, dans un précédent article (1), *le moyen d'obtenir le débit de petits cours d'eau. Nous allons développer, dans la présente étude, les procédés les plus courants pour la mesure du débit de cours d'eau un peu plus importants, canal ou rivière, par exemple.*

Le procédé du déversoir, dont nous avons indiqué le mode d'emploi précédemment, serait impraticable pour la catégorie de cours d'eau dont il s'agit, en raison de l'importance du dispositif de déversoir auquel on devrait avoir recours et des difficultés rencontrées, en cours d'opération, pour la modification de la largeur du déversoir permettant d'obtenir la lame d'eau nécessaire, etc.

D'ailleurs, lorsqu'il s'agit d'un canal, la question est beaucoup simplifiée et le calcul se suffit à lui-même sans opération pratique.

Dans le mode général de jaugeage employé, on ne mesure pas directement les débits, on évalue la vitesse de l'eau en des points choisis d'avance dans une section transversale déterminée du cours d'eau. Connaissant l'aire de cette section et la vitesse de l'eau, on détermine facilement le débit dans cette section par la formule générale suivante :

$$Q = S \times V$$

Q est le débit, S l'aire de la section transversale et V la vitesse moyenne de l'eau dans cette section.

Nous donnerons une idée de la mesure du débit d'un canal et ensuite d'une rivière.

MESURE DU DÉBIT D'UN CANAL

Dans la mesure du débit d'un canal, la vitesse de l'eau se détermine généralement par le calcul à l'aide de formules et de tables, ce qu'on ne peut faire pour une rivière. Cela tient à l'uniformité de la section que présente généralement un canal et à sa pente constante. Les valeurs de la vitesse ainsi obtenue sont, de ce fait, suffisamment exactes.

Pour le calcul de cette vitesse, il y a à tenir compte de la pente du canal et de la nature de ses parois dans la région où doit se faire le jaugeage.

La nature des parois influe, en effet, considérablement sur la valeur de la vitesse, qui est minimum près des parois et s'accentue au fur et à mesure qu'on se rapproche du milieu du canal, où elle atteint sa valeur maximum. Toutefois, ce maximum de vitesse ne se produit pas à la surface libre, mais à une certaine profondeur à partir de cette surface.

Cette vitesse est la vitesse moyenne V qui entre dans la formule du débit ci-dessus en régime normal.

Dans un canal, soit à section trapèze, soit à section rectangle, on considère, pour en effectuer le jaugeage, outre la vitesse V et l'aire S de la section d'eau A B C D (fig. 1), le périmètre mouillé A C D B, représenté par P et le rapport

$$R = \frac{S}{P}$$

de la section d'eau S au périmètre mouillé P. Il existe alors entre la vitesse V, la pente D et le rapport R, la relation

$$K = \frac{V}{\sqrt{RD}}$$

K est d'ailleurs donné par des tables, ce qui facilite les calculs.

(1). Voir *l'Electricien* du 30 novembre 1919.

Comme ces tables ne peuvent trouver place ici, nous donnerons la formule qui a servi à les établir, de façon à pouvoir appliquer le calcul à tous les cas sans avoir recours aux tables.

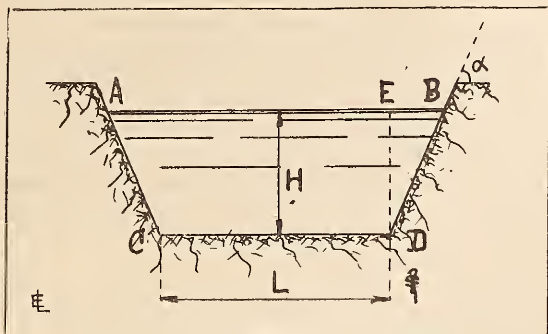


Fig. 1.

Cette formule, très employée en France, est une formule empirique. D'ailleurs, de nombreux cas d'expérience ayant donné des résultats concordants militent en sa faveur.

Voici cette formule :

$$V = \frac{\sqrt{R^2 \times D} \times 87}{\sqrt{R} + a}$$

La lettre a est un coefficient qui varie avec la matière dont sont constituées les parois du canal. Les autres lettres se rapportent aux quantités dont il est question plus haut.

Les valeurs de a sont classées dans le tableau ci-dessous, suivant la nature des parois du canal :

CLASSE Nos	NATURE DES PAROIS DU CANAL	VALEURS DE a
1	Parois en terre dans les cas ordinairement rencontrés	1,30
2	Parois en terre offrant une grande résistance à l'écoulement de l'eau par suite de la présence d'herbages, fonds pierreux, etc.........	1,75
3	Parois maçonnées de moellons.............	0,46
4	Parois maçonnées de pierres sèches et analogues...............	0,85

Pour fixer les idées, nous donnons une application de la formule empirique ci-dessus et un exemple de détermination du débit d'un canal.

1° Canal à section rectangulaire.

Supposons un canal à section rectangulaire, à parois en terre, sans aucun revêtement. La valeur de a est alors, d'après le tableau ci-dessus, classe n° 1, de a = 1,30.

Supposons (fig. 2) que la largeur du canal soit de

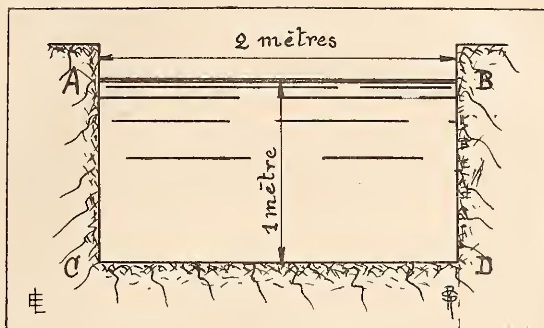


Fig. 2.

2 mètres et que la hauteur d'eau soit de 1 mètre ; la section d'eau est alors S = 2 mètres carrés.

Le périmètre mouillé A C D B a pour valeur, P = AC + CD + DB, soit P = 1 + 2 + 1 = 4 mètres.

La valeur du rapport $R = \frac{S}{P}$ est alors :

$$R = \frac{2}{4} = 0{,}5.$$

Supposons enfin que la déclivité D du canal soit de 0m,40 par kilomètre, soit 0,0004 par mètre.

La valeur de la vitesse donnée par la formule sera alors de :

$$V = \frac{\sqrt{\overline{0{,}5}^2 \times 0{,}0004} \times 87}{\sqrt{0{,}5} + 1{,}30} = 0^m{,}432.$$

Le **débit** du canal sera, en conséquence, en appliquant **la** formule Q = S × V, de :

Q = 2 × 0,432 = 0 mètre cube 864.

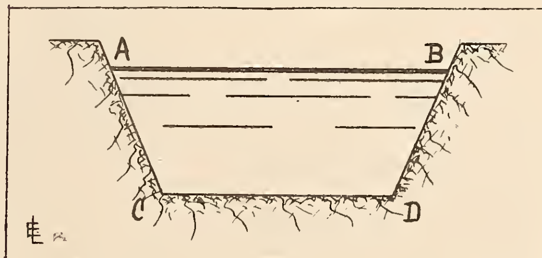


Fig. 3

2° Canal à section trapèze.

Dans ce cas, la question du débit est un peu moins simple que précédemment, parce qu'il faut tenir compte de l'inclinaison des parois du canal.

Nous appelerons α l'angle d'inclinaison des parois (voir fig. 3).

La section d'eau sera celle d'un trapèze A B C D de hauteur H. La petite base C D de ce trapèze sera L et la grande base AB sera, d'après le triangle rectangle D E B :

$$L + 2\,H \cot g\,\alpha,$$

de sorte que la section d'eau sera elle-même

$$S = (L + L + 2\,H \cot g\,\alpha) \times \frac{H}{2}$$

c'est-à-dire

$$S = (L + H \cot g\,\alpha) \times H.$$

Quant au périmètre mouillé A C D B, il sera, puisque

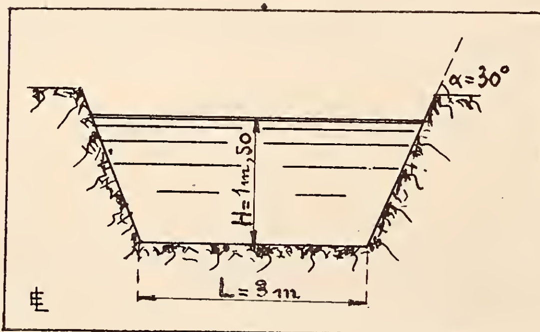
$$B\,D = \frac{H}{\sin \alpha}$$

$$P = \frac{2\,H}{\sin \alpha} + L$$

Comme dans le cas précédent, on évalue le rapport $R = \frac{S}{P}$ et on calcule la vitesse par la même formule :

$$V = \frac{\sqrt{R^2 D} \times 87}{\sqrt{R} + a}$$

et le débit par la formule : $Q = S \times V.$



Nous donnons ci-dessous une application pratique de ces formules pour faciliter leur intelligence.

Soit un canal à section trapèze de hauteur d'eau 1^{m},50, de largeur au fond 3 mètres, dont l'inclinaison des parois est de 30 degrés et dont la pente est de 0,0005 par mètre (fig. 4). Les parois du canal sont tapissées d'herbages par endroits. Dans ce cas, la valeur de a indiquée par le tableau plus haut est de $a = 1{,}75$.

La section d'eau est ici :

$$S = (3 + 1{,}50 \times \cot g\ 30^o) \times 1{,}50 = 8^{m^2}{,}40.$$

Le périmètre est :

$$P = \frac{2 \times 1{,}50}{\sin 30} + 3 = 9 \text{ mètres}$$

et le rapport $R = \frac{S}{P}$

$$R = \frac{8{,}40}{9} = 0{,}93.$$

La vitesse de l'eau a alors pour valeur moyenne :

$$V = \frac{\sqrt{0{,}93^2 \times 0{,}005} \times 87}{\sqrt{0{,}93} + 1{,}75} = 0^{m}{,}64$$

Le débit du canal sera donc de :

$$Q = 8, \times 0{,}64 = 5^{m^3}{,}376\text{-}$$

R. Sivoine,

NOTRE ENQUÊTE SUR L'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL

La crise de l'apprentissage.

A côté de l'Enseignement technique dont notre enquête (1) *a démontré l'insuffisance et les défauts de l'organisation actuelle se pose la question d'une reglementation adéquate et efficace des conditions de l'apprentissage. S'il est important d'avoir des techniciens et des contremaîtres instruits, il est encore plus nécessaire de former des ouvriers qualifiés. La communication ci-dessous d'un de nos abonnés expose les causes de la crise actuelle de l'apprentissage :*

En cas de soins extrêmement urgents à un malade on ne s'occupe pas de ses protestations, de même la crainte d'éveiller des susceptibilités ne doit pas empêcher l'aveu d'un mal social..

Que faut-il pour faire un bon apprenti susceptible de devenir plus tard un bon ouvrier . D'abord l'attrait vers la profession qu'il désire embrasser, ensuite la volonté bien arrêtée de s'instruire de plus en plus dans cette profession et d'acquérir les connaissances techniques nécessaires. Voici pour les qualités morales. Il faut, en outre, le temps et les moyens matériels pour y arriver, les parents doivent donc faire un sacrifice sans espoir d'en tirer un bénéfice ; c'est là le plus redoutable écueil.

Depuis vingt ans, je ais des apprentis, j'ai eu l'occasion d'approfondir leur mentalité, d'en voir les résultats et d'en étudier la psychologie, cette note est le résultat de mes observations.

(1) Voir l'*Electricien* des 30 septembre, 31 octobre et 15 novembre 1919.

Comment se recrutent les apprentis ?

Quand l'enfant a son certificat d'études primaires ou ses treize ans, les parents lui demandent : que désires-tu faire ? Question qui souvent embarrasse l'enfant. La mécanique l'a un peu intéressé, il dit : je serais bien électricien, tout comme sous une autre impression il aurait dit : je veux être menuisier ou charcutier.

Ce qui intéresse les parents, c'est de savoir si, dans ce « métier-là » on gagne rapidement beaucoup d'argent ; ils s'informent donc de la durée de l'apprentissage, combien l'enfant sera payé, s'il aura vite de l'augmentation, questions auxquelles le patron éventuel est obligé de répondre sans même connaître le degré d'intelligence de l'apprenti.

Le patron est donc amené à tirer parti au plus tôt de son apprenti, pour cela il le spécialise. C'est ainsi que l'industrie ne possède que des spécialistes qui savent faire un genre unique de travail sans jamais être capables d'exécuter une machine entière et même d'en comprendre le fonctionnement.

Au fait, il leur manque pour cela la base fondamentale : l'instruction ; mais ne cherchez pas à la leur donner, les jeunes gens ou même les parents vous répondront : à quoi bon se donner tant de mal pour apprendre les mathématiques ou autres sciences, puisque quantités d'ouvriers gagnent beaucoup d'argent sans savoir tout cela.

Ce raisonnement stigmatise l'esprit général qui règne actuellement : vivre pour jouir de la vie et éviter tout ce qui donne du mal ou de la fatigue ; cette mentalité est très dangereuse, c'est elle qui conduit un peuple à la décadence.

Adieu toute conception noble, adieu le beau dilettantisme pour la science, où seront ceux qui étudieront pour le plaisir de savoir, et chercheront avec le seul orgueil d'enrichir les connaissances humaines?

Prenez des enfants un an après la sortie de l'école primaire et demandez-leur, par exemple, de vous réduire 2 fractions au même dénominateur, vous serez surpris par le nombre de ceux qui en seront incapables !

On parle d'instituer des cours à l'usage des apprentis ; d'après les résultats déjà obtenus on peut prévoir que ceux-ci iront pour se donner un genre, mais non pour s'instruire ; ils s'imaginent avant d'y aller qu'il leur suffira de fréquenter le cours sans faire le moindre effort pour comprendre ou pour interpréter les théories expliquées. C'est, supposent-ils, au professeur à s'arranger de manière que la science entre dans la tête des élèves de la même manière que l'eau entre dans une bouteille ! On a fait acte de présence au cours, on doit savoir.

Forcément les cours commenceront par les mathématiques. Dès le début plusieurs abandonneront en disant : je veux bien aller au cours pour apprendre l'électricité, mais pas pour y faire de l'arithmétique !

Tous les jeunes gens ne sont pas de cette trempe, un certain nombre évidemment ont un esprit différent, mais ils subissent peu à peu l'ascendant des mauvais, car, contrairement à certaines opinions, dans les fréquentations humaines, ce sont toujours les mauvais qui pervertissent les bons et non pas les bons qui ramènent les mauvais au sentiment du devoir.

Quelquefois, j'ai eu l'occasion de voir des enfants sortant de l'école ayant des aptitudes marquées pour la profession et cherchant à s'instruire, mais alors, par un hasard vraiment bien malheureux, ils avaient des parents par trop intéressés qui voulaient que leur enfant leur rapporte Ils le mettaient commis de magasin ou employé de bureau où on lui donnait de suite un petit salaire dont profitaient les parents sans s'intéresser si l'avenir de leur fils était assuré.

L'enfant y contractait des habitudes de nonchalance ou d'oisiveté qui lui enlevaient pour plus tard la volonté de faire l'effort nécessaire pour sortir de cette situation. Il succombait à la veulerie générale.

Faire des cours est évidemment une chose excellente, la meilleure même que l'on puisse faire, je parle des cours publics dans les villes ;

Mais croyez-vous qu'avec l'esprit actuel ils serviront ?

Jetez un coup d'œil dans nos établissements d'enseignement où l'on prodigue les cours avec les expériences et tout ce qui peut faciliter la compréhension des sujets étudiés.

Quelle est l'ambition de la majorité des élèves ? Elle n'est pas de tirer le plus de fruits possible de cet enseignement et de faire l'effort nécessaire pour se l'assimiler et leur permettre par là de connaître des choses plus élevées.

Non, à quoi bon se donner tant de mal ? Leur seul désir est de répondre aux questions qui peuvent leur être posées aux examens ; si même ils les connaissaient, ils n'apprendraient uniquement que celles-là et, une fois le succès obtenu, ils comptent sur leur titre pour avoir une position sans même savoir s'ils seront à la hauteur de leur tâche.

Alors, à nous la vie joyeuse, à nous les plaisirs, oublions ces journées tristes où nous avons usé nos fonds de culotte sur les bancs scolaires, laissons-nous vivre et jouissons.

Voilà bien ce qui nous rend inférieurs, c'est l'horreur de l'effort et la crainte de perdre un peu sur la quantité de jouissance de notre vie.

Regardons les peuples prospères et cherchons à quoi est dû le succès de leur industrie.

Voici les Japonais qui ne possédaient, il y a peu de temps encore, qu'une civilisation relative ; ce petit peuple est devenu grand parce qu'il est très travailleur, dévoué à l'intérêt général et ne craint pas l'effort.

Nous savons pourquoi les Allemands étaient à la veille de conquérir le monde au point de vue économique : parce que chez eux un esprit de discipline naturel les poussait à travailler dans l'intérêt général.

La remarque que je viens de faire pour les élèves des établissements d'enseignement s'applique aussi à la classe ouvrière ; existe-t-il encore, comme jadis, une émulation dans le travail ?

Il n'y a pas encore si longtemps, un apprenti dans une profession quelconque ne pouvait se dire ouvrier que s'il avait exécuté un « chef-d'œuvre» qui variait suivant les professions. Tel apprenti menuisier s'enorgueillissait d'un petit meuble compliqué entièrement fait par lui ; tel serrurier était fier d'une serrure à garnitures baroques d'une exécution très difficile qui avait couronné son apprentissage.

Combien aujourd'hui, parmi les jeunes ouvriers électriciens, pourraient exécuter entièrement une dynamo sans la copier intégralement et même en la copiant ?

Au fait, ceux qui le voudraient le pourraient difficilement ; la spécialisation à outrance en est un peu la cause, il y a des tourneurs, des ajusteurs, des bobineurs, des installateurs en lumière, des installateurs en sonneries, etc., etc., mais pas d'électriciens. Un tourneur sera incapable de faire un bobinage ou d'ajuster un téléphone, pourra-t-il même forger ses outils ? Un bobineur ne comprendra jamais comment fonctionne une dynamo et pourquoi il dispose les fils de la manière qu'on lui a indiqué. Un installateur sera incapable de remplacer un collecteur.

Mieux que cela, rassemblez tous les ouvriers se disant bons électriciens et demandez à chacun comment fonctionne une dynamo ; une infime minorité saura vous répondre, cependant les livres ne manquent pas.

Il leur manque l'instruction, direz-vous.

C'est vrai et j'ai cherché plusieurs fois à améliorer les connaissances de quelques-uns des nombreux apprentis que j'ai déjà eus, je leur ai offert de leur donner l'instruction qui leur faisait défaut, je leur faisais donc là une offre très généreuse et désintéressée. J'ai réussi sur un ou deux seulement avec beaucoup de mal, les autres ont abandonné les leçons après un certain temps.

Bien mieux encore, j'avais résolu, dans un but philanthropique, de prendre chez moi un ou deux orphelins ou enfants abandonnés ayant du goût pour la profession, de les instruire et de leur faire faire un apprentissage sérieux. Je n'ai pas été secondé dans mes intentions, les enfants que j'ai eus n'avaient pas les aptitudes nécessaires et étaient vicieux, je n'ai pas réussi non plus avec ceux-là.

Croyez-vous que ces faits soient encourageants et incitent à faire quelque chose en faveur du relèvement intellectuel de la classe ouvrière ?

Eh bien, il y a encore un fait beaucoup plus grave qui pousse les patrons à spécialiser davantage les apprentis et à ne leur montrer que ce qui est absolument nécessaire à leur travail ; c'est l'ingratitude de ceux-ci vis-à-vis des personnes qui ont consenti des sacrifices pour eux.

Va-t-on se dévouer après un apprenti, surveiller continuellement son travail, le guider, lui expliquer sans cesse pourquoi il faut faire de telle manière et non de telle autre, en un mot dépenser après lui un temps précieux et ne pas faire attention aux fournitures qu'il aura gâchées si on n'espère pas que par son travail il va vous dédommager de la bienveillance qu'on lui a témoignée et des frais qu'il a causés? Erreur tout cela ; dès qu'il se sentira un peu capable de travailler, il quittera son maître sans un remords pour aller ailleurs où il demandera un salaire le plus élevé qu'il pourra.

Comme remède, on a proposé le contrat d'apprentissage ; c'est évidemment la seule solution, mais encore faut-il qu'il soit accompagné de sanctions bien étudiées, sans quoi il restera illusoire.

Un fait personnel va vous en convaincre :

J'avais passé avec le tuteur d'un enfant un contrat en règle aux termes duquel l'enfant devait rester chez moi pendant un temps déterminé : comme sanction, le tuteur ne pouvait le retirer que moyennant une indemnité journalière assez élevée pendant les six premiers mois et une somme fixe ensuite ; de mon côté je logeais et nourrissais l'enfant, lui donnais l'instruction technique, l'apprentissage manuel et, au bout d'un certain temps, un salaire, lequel, pour le retenir chez moi, il ne pourrait toucher en totalité qu'à l'expiration de son contrat.

On pourrait croire qu'un tel contrat très avantageux pour l'enfant me donnait toute garantie. Illusion !

Au début, l'enfant me donnait toute satisfaction, je l'avais pris en affection et me réjouissais déjà du succès de mon idée ; après six mois, au cours desquels je n'avais rien ménagé pour lui, il changea subitement d'attitude, me répondit grossièrement et finit par se rendre si insupportable que je fus obligé de m'en défaire.

Il avait suivi des mauvais conseils qui l'avaient incité à me quitter pour avoir de suite un salaire et la liberté de ses actes.

J'ai été dupe de ma générosité.

Que pourraient les lois et les contrats devant des consciences où le sentiment d'honnêteté est ainsi aboli ?

Si la jeunesse changeait d'attitude et prenait son plaisir dans le travail au lieu de le prendre dans les divertissements plus ou moins sains, la France se relèverait et prendrait rapidement la supériorité qu'elle devrait avoir, mais si elle persiste dans les errements actuels, la décadence définitive en sera la conclusion.

Les parents y auront contribué en ne surveillant pas convenablement leurs enfants.

J. GOUSSIN.

Revision éventuelle des cahiers des charges
DES DISTRIBUTIONS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE ALIMENTÉES PAR DES USINES HYDRAULIQUES

*Suite de la circulaire ministérielle donnée dans l'*Electricien *du* 15 *février* 1920.

Deuxième exemple.

Cahier des charges pour la concession d'une distribution publique d'énergie électrique par l'Etat, par une commune ou un syndicat de communes (pour une commune très peuplée et à population très dense).

Art. 11. — Tarifs maximum. — Les prix auxquels le concessionnaire est autorisé à vendre l'énergie électrique ne peuvent dépasser les maxima suivants :

1° Pour l'énergie fournie sous une tension ne dépassant pas 22.000 volts, mais supérieure à 1.000 volts.

L'énergie électrique sera vendue au compteur. Le tarif de vente de l'énergie sera composé de 2 éléments qui s'ajoutent, d'une prime fixe par kilovoltampère de puissance maximum souscrite et d'un prix par unité complexe effectivement consommée (2).

Les valeurs des deux éléments du tarif sont indiquées au tableau ci-après :

PUISSANCE SOUSCRITE en K. V. A.	PRIME fixe annuelle par K. V. A.	PRIX proportionnel par unité complexe d'énergie
	fr.	fr. c.
Jusqu'à 10 inclus	245 »	0 19
De 11 à 25 inclus	215 »	0 16
De 26 à 50 inclus	200 »	0 14
De 51 à 100 inclus	190 »	0 13
De 101 à 200 inclus	175 »	0 12
De 201 à 500 inclus	170 »	0 11
Au-dessus de 500	160 »	0 10

Toutefois, ces valeurs seront réduites de 30 % pour les emplois de l'énergie effectués exclusivement de nuit entre vingt-trois heures et quatre heures.

Dépassements. — En cas de dépassement de la puissance souscrite, les K. V. A. de dépassement seront passibles d'une prime fixe annuelle égale à 1,5 fois celle du tableau précédent (1).

Détermination de l'énergie complexe. — L'énergie électrique consommée sera mesurée par 2 compteurs donnant l'un les K. W. H., l'autre l'énergie réactive (2). Les deux compteurs seront relevés simultanément et on ajoutera aux K. W. H. 30 % de l'énergie réactive pour obtenir l'énergie complexe.

Clauses des variations économiques. — Les prix proportionnels par unité complexe d'énergie indiqués ci-dessus sont établis en prenant comme base le prix de 20 fr. pour l'index économique électrique de haute tension fixé périodiquement par M. le ministre des travaux publics d'après la valeur des houilles et de la main-d'œuvre.

Le prix des houilles entrant dans cette détermination sera celui qui est établi périodiquement par M. le ministre des travaux publics (3) sur la proposition du Bureau national des charbons, ou de tel organisme qui viendrait à lui être substitué dans la suite (4).

(1) Pour les régions autres que les régions libérées du Nord, les lignes visées sont les lignes à la tension de distribution en haute tension fixée par le cahier des charges, cette tension devant être supérieure à 1.000 volts sans dépasser 22.000 volts.

(2) On pourra également appliquer ce tarif au kilowatt-heure consommé et, dans ce cas, on remplacera dans la suite de l'article les mots « unité complexe d'énergie » par le mot « kilowatt-heure ». Dans ce cas également le tarif tiendra compte du déphasage, lorsque le cosinus devient inférieur à 0,80 de la manière suivante : le prix proportionnel du kilowatt-heure sera majoré de 2 % pour chaque centième du cosinus au-dessous de 0,80.

(1) Cette clause relative aux dépassements peut, au gré du concessionnaire, être remplacée, au moment de la rédaction du cahier des charges, par la suivante : « En cas de dépassement de la puissance souscrite, l'énergie correspondant à une puissance supérieure au nombre de K. V. A. souscrits, qui sera enregistrée par un compteur spécial à dépassements, sera payée à un tarif triple du prix proportionnel porté au tableau précédent. »

(2) Le compteur d'énergie réactive sera gradué en unités telles qu'il indique autant d'unités consommées que le compteur d'énergie active indiquera de kilowatts-heure lorsque le déphasage de l'énergie consommée aura un cosinus égal à 0,707.

(3) Le prix de la houille peut également être le prix de revient de la houille consommée à la centrale, dont il devra être donné justification au service du contrôle.

(4) Les prix des houilles fixés par M. le ministre des

Pour chacune des périodes ainsi envisagées, M. le ministre des travaux publics fixera également le salaire horaire moyen (1) par agent. Chaque augmentation ou diminution de 1 % dans le salaire horaire moyen par agent pendant la période considérée, par rapport au salaire horaire moyen de l'année 1918, donnera lieu respectivement à l'addition ou à la soustraction d'une somme de 25 centimes sur le prix des houilles tel qu'il vient d'être défini (2).

Le résultat de cette opération constituera l'index économique électrique de haute tension.

Si cet index économique est supérieur ou inférieur à 20 fr., le prix de l'unité complexe d'énergie sera augmenté ou diminué de 2,5 millimes par franc d'écart entre cette valeur et la valeur moyenne pendant la période envisagée.

Application de l'index économique électrique. — Le prix proportionnel de l'énergie sera établi provisoirement d'après la dernière valeur de l'index économique publiée par M. le ministre des travaux publics. A chaque nouvelle publication de la valeur de cet index, rectification sera faite des prix proportionnels de l'énergie déjà facturée à titre définitif pour la période à laquelle s'applique cette publication et à titre provisoire pour la suite.

2° Pour l'énergie fournie sous une tension au plus égale à 1.000 volts (3).

A (4) Pour tous usages autres que l'éclairage :

Le kilowatt :

a) Energie de pointe. — Pour l'énergie fournie entre dix-sept et vingt et une heures, du 20 septembre au 15 octobre et du 16 février au 31 mars et entre seize et vingt et une heures, du 16 octobre au 15 février, 60 centimes.

b) Energie de jours hors pointe. — Pour les 1.000 premiers kilowatts-heure consommés dans un même mois : 45 centimes.

Pour le surplus, pour l'énergie fournie entre quatre heures et vingt-trois heures en dehors des heures indiquées ci-dessus en *a* : 30 centimes.

c) Energie de nuit. — Pour les 500 premiers kilowatts-heure consommés dans un même mois : 30 centimes.

Pour le surplus, pour l'énergie fournie exclusivement de nuit entre vingt-trois heures et quatre heures, 20 centimes avec garantie par l'abonné d'un minimum de consommation annuelle représenté en kilowatts-heure par un nombre égal à 500 fois la puissance installée, exprimée en kilowatts.

Clauses des variations économiques. — Les prix par kilowatt-heure consommés sont établis en prenant comme base le prix de 20 fr. pour l'index économique électrique de basse tension.

Cet index sera établi pour les mêmes périodes et dans les mêmes conditions que l'index économique électrique de haute tension, sauf que chaque augmentation ou diminution de 1 % du salaire horaire moyen par agent, par rapport à 1918, donnera lieu à l'addition ou à la soustraction de 60 centimes (au lieu de 25 centimes), sur les prix des houilles.

Si l'index économique ainsi défini est supérieur ou inférieur à 20 fr., le prix du kilowatt-heure sera augmenté ou diminué de 3,5 millimes par franc d'écart entre cette valeur et la valeur moyenne pendant la période envisagée, les résultats étant arrondis au demi-décime le plus voisin (1).

Application de l'index économique. — Le prix de l'énergie sera établi provisoirement d'après la dernière valeur de l'index économique publié par M. le ministre des travaux publics. A chaque nouvelle publication de l'index économique électrique, rectification sera faite des prix de l'énergie déjà facturée à titre définitif pour la période à laquelle s'applique cette publication et à titre provisoire par la suite.

B. Pour l'éclairage :

Le kilowatt-heure : 75 centimes avec garantie par l'abonné d'un minimum de consommation annuelle représenté en kilowatts-heure par un nombre égal à 250 fois la puissance installée exprimée en kilowatts.

La clause des variations économiques sera la même que celle énoncée ci-dessus en « A ».

Clause d'impôts. — Au cas où l'Etat, les départements ou les communes établiraient de nouveaux impôts, relatifs à la vente, la production, la distribution, le transport ou la consommation de l'énergie électrique, ces impôts seront à la charge du concessionnaire qui se réserve le droit, à partir du jour de leur mise en application, de majorer les tarifs maxima ci-dessus, dans une proportion qui sera arrêtée par l'administration supérieure.

Troisième exemple.

L'exemple précédent de rédaction pour l'article 11 du cahier des charges concernait une commune à population très abondante et très dense. Au fur et à mesure de la diminution des éléments, les prix de vente doivent être relevés et l'on pourrait arriver pour une petite commune de faible population à adopter les données suivantes :

Il n'y aurait lieu de prévoir aucun tarif de vente en haute tension.

En ce qui concerne la vente en basse tension :

Pour l'éclairage le prix du kilowatt-heure serait porté à 1 fr. 50 au lieu de 75 centimes.

Pour les autres usages que l'éclairage, le prix de 60 centimes pour l'énergie fournie pendant la pointe serait portée à 1 franc.

Les prix de 45 centimes et de 30 centimes pour l'énergie fournie pendant le jour en dehors de la pointe seraient portés respectivement à 75 centimes et 50 centimes.

Et enfin les prix de 30 centimes et 20 centimes de l'énergie fournie exclusivement de nuit seraient portés respectivement à 50 centimes et à 30 centimes.

Le taux de variation de l'index économique électrique de basse tension serait porté de 3,5 millimes à 5 à 6 millimes, suivant le cas, pour les distributions alimentées par des usines thermiques, ce taux étant réduit à 3 ou 3,5 dans le cas d'usines hydrauliques.

Toutes les autres clauses du précédent cahier des charges (deuxième exemple), restent sans changement.

---

travaux publics tiennent compte des qualités de ces houilles et notamment de leur pouvoir calorifique moyen.

(1) Le salaire horaire moyen par agent est déterminé soit pour une concession, soit pour une région, en y comprenant tous les appointements et salaires payés jusqu'au directeur exclusivement, avec tous les accessoires, tels que suppléments pour cherté de vie, indemnités de résidence, charges de retraites, etc... Il devra en être donné justification au service du contrôle.

(2) Pour les distributions alimentées par des usines hydrauliques, ce taux d'augmentation ou de diminution sera réduit à moitié.

(3) Le concessionnaire ne sera pas tenu de fournir cette tension aux abonnés dont la puissance installée dépasse 10 kilowatts.

(4) Le tarif ci-dessus indiqué au 1° pourra être exceptionnellement appliqué dans ce cas au lieu des tarifs 2° Au gré du concessionnaire.

(1) Ce taux de 3,5 millimes sera réduit à 2 millimes pour les distributions alimentées par des usines hydrauliques.

Inventions. — Appareils et procédés nouveaux

PERFECTIONNEMENTS AUX ESSAYEURS DE FUSIBLE ET DE COURANT

L'appareil (fig. 1) est caractérisé par une lampe de voltage élevée *l*, qui peut être mise en série avec une résistance variable, de façon à être utilisée sur tous les voltages. Un bouton-poussoir *i* permet d'enlever une partie de la résistance du circuit.

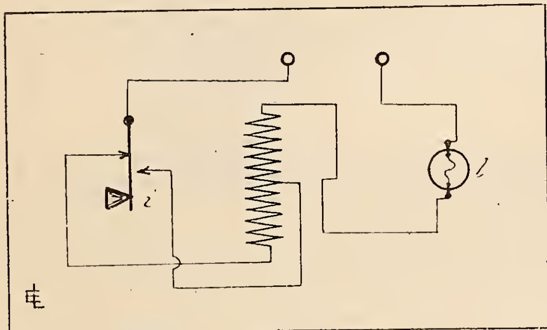


Fig. 1

On pourra, de cette façon, essayer un fusible ou un circuit quelconque d'une installation. On pourra en outre adapter approximativement l'appareil au voltage du réseau de distribution. — (Brev. Fr. 496.160.)

BORNES DE CONNEXIONS D'INTERRUPTEURS

Dans les bornes de connexions employées dans la fabrication des interrupteurs et appareils similaires, la partie supportant la mâchoire comprend une tige filetée sur laquelle vient se fixer la pièce *e* destinée à maintenir en place le conducteur. Cette pièce supporte un boulon hexagonal *d* ne faisant qu'un avec elle et pouvant tourner sur lui-même.

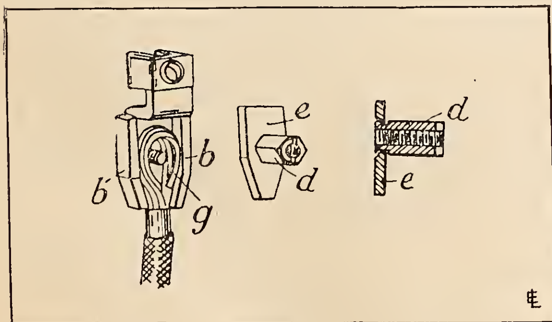


Fig. 2

Dans le modèle figuré ci-contre (fig. 2), le conducteur est placé à l'intérieur de la partie évidée du support *b* et est recourbé autour de la tige filetée *g*. En vissant le boulon *d*, la pièce *e* serre fortement le conducteur au fur à mesure qu'elle pénètre dans la cavité de la pièce *b*. (Brev. angl. N° 133.220.) — MM.

DYNAMOS ET MOTEURS A ENROULEMENT AUXILIAIRE

Pour empêcher le voltage d'une dynamo ou d'un moteur de s'élever lorsque l'interrupteur principal 3 (fig. 3-1) est ouvert, un enroulement supplémentaire 1 placé sur les électros est connecté à travers l'armature par l'intermédiaire d'un interrupteur auxiliaire 4 et a pour but de combattre l'effet de l'enroulement shunt 2.

Lorsque l'interrupteur principal est fermé, l'interrupteur 4 s'ouvre et met hors circuit l'enroulement 1.

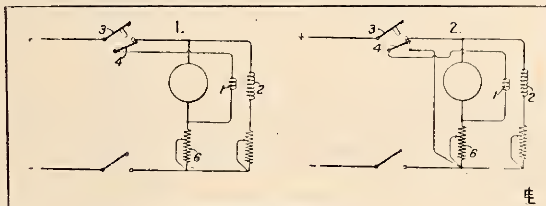


Fig. 3

Le schéma (fig. 3-2) est une modification du montage précédent, il s'applique plus particulièrement à un moteur à vitesse variable. Dans ce montage on voit que l'enroulement auxiliaire 1 n'est pas mis hors circuit lorsque l'interrupteur 3 est fermé, mais qu'il est réuni à une partie ou à toute la résistance de démarrage 6 pour fournir un champ magnétique intense au démarrage.

Pour parer à un manque de courant on peut disposer un relais voltmétrique destiné à agir directement sur l'interrupteur 4 ou à mettre en mouvement l'interrupteur principal. Lorsque des interrupteurs indépendants ou des disjoncteurs automatiques sont employés sur les deux pôles, un dispositif mécanique ou électrique peut mettre en action l'interrupteur auxiliaire. (Brev. angl. 133.22.) — MM.

PERFECTIONNEMENTS AUX APPAREILS RÉCEPTEURS DE T. S. F.

Ce système est destiné à indiquer la direction d'où proviennent les signaux de T. S. F. Il est basé sur la production de forces électro-magnétiques entre des enroulements mobiles, traversés par des courants redressés provenant d'antennes spéciales.

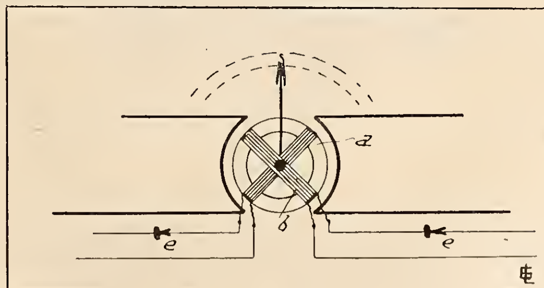


Fig. 4

L'appareil a la forme d'un galvanomètre (fig. 4) à deux enroulements mobiles *a* et *b* disposés angulairement

autour d'un axe vertical. La disposition angulaire est la même que celle des antennes.

Les circuits mobiles sont précédés par des circuits synchronisés, avec détecteurs. — (Brev. Fr. 495.960.)

LAMPE ÉLECTRIQUE DE POCHE

Cette lampe à magnéto (fig. 5), du même genre que celle décrite précédemment, comporte une petite magnéto à aimant *e* et à induit tournant *f*. Ce dernier est entraîné par un mécanisme à commande à main *a* et *b*.

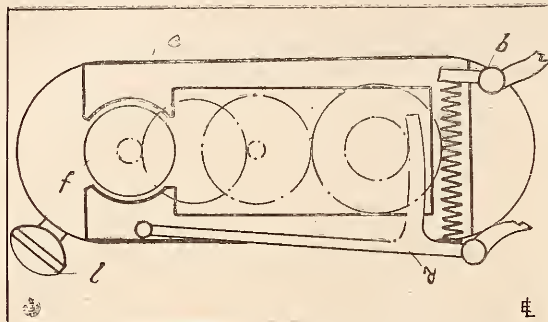


Fig. 5

Les extrémités des leviers *a* et *b* se replient le long du boîtier en temps normal. (Brév. Fr. 496.510).

FOUR ÉLECTRIQUE A RÉSISTANCE

Ici l'élément résistant constitue la chambre du four ou le récipient en fusion. On réalise ainsi une distribution convenable de la chaleur et on évite les dispersions thermiques, corrosions, etc... Le courant arrivant en *t* passe

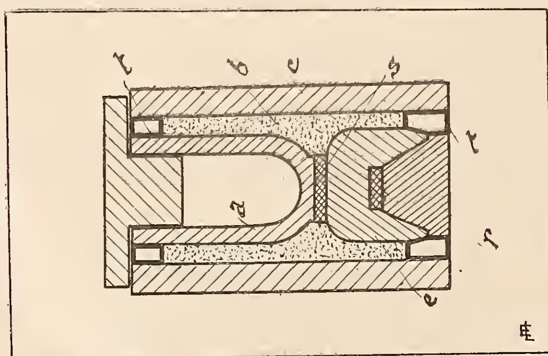


Fig. 6

par le récipient *a* ou élément résistant (graphite), puis par une pièce *s* en graphite lamellé offrant une certaine résistance et localisant le maximum de chauffage. Avant d'atteindre la sortie, le courant passe par la pièce *c* peu résistante, mais constituant un obstacle à la dispersion de la chaleur radiante.

Les autres pièces sont, soit en graphite amorphe ou en matière réfractaire (fig. 6). (Br. Fr. 490.220.)

COMMUTATEUR AUTOMATIQUE POUR FER A REPASSER

Différents systèmes ont été imaginés pour couper automatiquement le courant, quand le fer est horizontal et pour le rétablir quand le fer est posé verticlament.

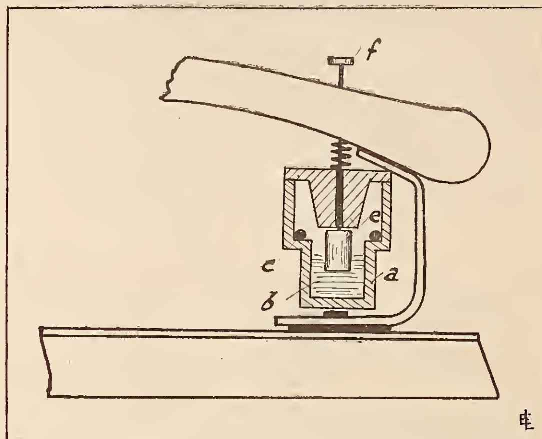


Fig. 7

Dans ce dispositif, il est encore possible de rétablir le courant quand le fer est horizontal ; à cet affet, en position horizontale le mercure *b* contenu dans le petit vase *a* (fig. 7) n'atteint pas les contacts en *c*, mais si l'on appuie sur le bouton *f*, le flotteur *e* modifie le niveau du mercure.

En position verticale, le contact *c* est encore fermé par le mercure *h*. —(Br. Fr. 496.860.) P. M.

DISPOSITIF PROTECTEUR DE LAMPES A INCANDESCENCE POUR PHARES DE VÉHICULES

Cet appereil très simple est destiné à protéger la lampe en cas de surintensité dans la ligne. Ce cas se produit par exemple quand la batterie est mise hors service et que la génératrice débite outre mesure et risque ainsi de brûler le filament.

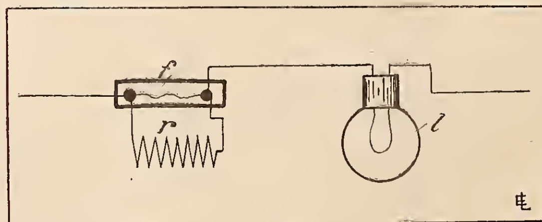


Fig. 8

On branche (fig. 8) aux bornes du fusibles f_1 une résistance *r* présentant une certaine self-induction. Si un surintensité se produit, le fusible fond, mais à cause de la self-induction la période d'établissement du courant dans la résistance est suffisamment longue pour que le fusible subisse le brusque à-coup. Le courant est ensuite limité par la résistance. — (Br. Fr. 496.306.) P. M.

L'ÉCOLE DE L'ÉLECTRICIEN

Enseignement pratique de l'électricité industrielle.

Nous rappelons que dans le but d'intéresser d'une façon particulière les lecteurs de cet enseignement à un travail suivi, qui puisse leur être réellement profitable, nous avons ouvert entre eux un **CONCOURS,** *doté de* **PRIX.**

Des **MENTIONS** seront en outre délivrées à tous les participants dont les envois auront obtenu une moyenne au moins égale à la note 14. Nous invitons tous nos lecteurs à nous adresser, dans le délai d'un mois, les solutions des problèmes proposés. Des *mentions* seront décernées à tous ceux qui auront obtenu une moyenne d'au moins 14 pour un nombre de problèmes dont le minimum sera déterminé par le jury du concours.

SOMMAIRE : — *Chaleur dégagée dans un conducteur par le passage du courant. Loi de Joule. Calcul de la quantité de chaleur produite dans un conducteur. Chaleur spécifique. Conséquence de l'échauffement des conducteurs. Court-circuit. Appareils en court-circuit. Exercices. Problèmes proposés aux lecteurs.*

16. — Chaleur dégagée dans un conducteur par le passage du courant.

Qu'il s'agisse d'un générateur ou d'un récepteur, la puissance développée ou reçue n'est jamais transformée totalement en effet utile, une partie est transformée notamment en chaleur.

Ceci est dû à ce que le courant doit vaincre, pour passer dans les conducteurs que comportent les appareils, la résistance offerte par ces conducteurs ; pour cela, il doit effectuer un certain travail qui, n'étant pas utilisé sous une autre forme, se traduit par une production de chaleur.

C'est de cela que provient l'échauffement des enroulements d'une dynamo génératrice en marche ou d'un moteur. C'est le même phénomène qui produit l'échauffement d'une batterie d'accumulateurs en charge, auquel s'ajoute l'échauffement produit par les réactions chimiques ; c'est encore celui d'une résistance à liquide.

Si un appareil récepteur, intercalé dans le circuit d'utilisation d'un générateur, ne transforme pas toute l'énergie électrique qu'il reçoit en énergie mécanique, ou si cette énergie n'est pas accumulée, elle est totalement transformée en chaleur. C'est le cas d'une lampe à incandescence ou d'un appareil de chauffage électrique.

17. — Loi de Joule.

On comprend qu'il doit exister une certaine relation entre la quantité de chaleur dégagée par le passage d'un courant dans un conducteur, la valeur de ce courant et la résistance offerte par le conducteur dans lequel il circule.

Représentons par W l'énergie dépensée en chaleur par le passage d'un courant de valeur dans un conducteur de résistance R.

La loi de Joule qui exprime cette relation est ainsi conçue :

Lorsqu'un courant traverse un conducteur, l'énergie W, transformée en chaleur par le passage du courant I dans un courant de résistance R, est proportionnelte à la résistance du conducteur, au carré I^2 de l'intensité du conducteur qui le traverse et à la durée de temps t *de passage du courant.*

Cette loi se traduit par la formule :

$$W = R\,I^2 \times t \qquad (28)$$

Le temps t s'exprime en secondes.

Nous voyons que si ce temps t n'est que d'une seconde, la loi de Joule sera exprimée simplement par :

$$W = R\,I^2 \qquad (29)$$

Mais ceci exprimera alors une puissance, puisque c'est l'énergie ou encore le travail produit ou dépensé en une seconde (voir § 10) ; cette puissance sera donc exprimée en watts.

D'ailleurs, nous avons vu (voir formule 14, § 10), que l'on a :

$$W = E\,I$$

Nous allons retrouver cette formule dans celle que nous venons d'obtenir (29) :

$$W = R\,I^2$$

Cette formule peut s'écrire :

$$W = R\,I \times I$$

mais $RI = E$

on a donc bien aussi :

$$W = E \times I$$

et une preuve qu'il s'agit bien d'un travail, mais qui est dissipé sous forme de chaleur.

Remarquons que la loi de Joule exprime la quantité de chaleur dégagée en watts, qui est une unité de travail. Or, nous avons vu § 5 qu'il y a équivalence entre une quantité déterminée de cha-

leur et d'énergie (ou de travail). Il faudra alors exprimer le résultat donné par la formule en calories.

Dans ce cas, la formule déduite de la loi de Joule s'écrit :

$$W = 0,24 \times R\ I^2 \times t$$

Le nombre 0,24 est la valeur de 1 Joule (voir § 8) exprimée en calories-grammes et par degré.

Donnons une explication sur ce qu'on entend par calorie-gramme.

Nous avons vu § 5 que la calorie est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de un degré la température de un kilogramme d'eau.

Il s'agit ici de la calorie-kilogramme-degré, appelée aussi *grande calorie*, laquelle équivaut à 425 kilogrammètres.

Si l'on remplace le kilogramme par le gramme, on aura la calorie-gramme-degré, appelée aussi *petite calorie*, qui équivaut donc à 0,425 kilogrammètre. C'est celle qui entre dans le cas qui nous occupe.

Nous aurons l'occasion, un peu plus loin, d'utiliser ce qui précède à propos de l'échauffement des résistances appliquées aux appareils de chauffage électrique.

18. — Conséquence de l'échauffement des conducteurs : Court-circuit.

Si deux points d'un circuit, entre lesquels existe une tension donnée, sont reliés par un conducteur de résistance R, il y aura échauffement de ce conducteur, s'il est parcouru par un courant I.

L'énergie dépensée dans ce conducteur pour l'échauffer sera, d'après ce qui précède,

$$W = E\ I$$

ou encore, puisque $I = \frac{E}{R}$:

$$W = E \times \frac{E}{R} = \frac{E^2}{R} \qquad (30)$$

Examinons ce qui se passe selon que R est plus ou moins petit. Pour cela, nous nous reporterons à la formule ci-dessus :

$$W = \frac{E^2}{R}$$

Nous savons que, dans le cas d'un rapport tel que $\frac{E^2}{R}$, si le dénominateur seul diminue ou augmente, le rapport variera tout entier en sens inverse, c'est-à-dire augmentera ou diminuera.

Si donc les deux points du circuit considéré sont reliés par un conducteur de faible résistance R, le rapport $\frac{E^2}{R}$ pourra devenir très grand, c'est-à-dire que l'énergie $W = \frac{E^2}{R}$ mise en jeu sera d'autant plus importante que R sera plus faible ; la chaleur dégagée pourra alors être très intense et telle que le conducteur pourra être fondu.

C'est ce qui se passe dns le phénomène bien connu du *court-circuit* et aussi lorsque les fusibles de protection d'un circuit sautent.

Pour qu'il y ait court-circuit, dans les conditions ci-dessus, entre deux points où existe une certaine tension, il faut donc que la résistance du court-circuit soit relativement faible. Mais, même dans le cas où le conducteur ne fondrait pas, l'échauffement pourrait être tel que les isolants s'enflamment, d'où danger d'incendie.

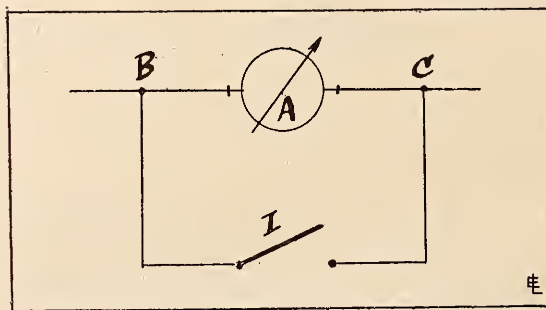


Fig. 33

On peut avoir besoin de mettre en court-circuit un appareil, comme cela arrive souvent. Bien entendu, cela suppose que, dans le même circuit, il se trouve d'autres appareils montés en série avec l'appareil court-circuité, de façon que la résistance restant dans le circuit soit suffisante ; c'est le cas qui se présente, par exemple, pour un ampèremètre A (fig. 33) monté dans le circuit B C, lorsqu'on veut le mettre hors circuit ou l'en retirer en marche sans nuire au fonctionnement des autres appareils. On dispose un interrupteur I, qu'on ferme lorsque l'on veut retirer l'appareil.

Remarquons que le cas de court-circuit envisagé ici n'est pas le même que le précédent, il n'existe en effet, entre les deux points B et C mis en court-circuit, aucune différence de potentiel, si l'on néglige la résistance de l'ampèremètre A, cas ordinaire de la pratique.

Voyons quelques applications de ce qui précède.

Exercices.

EXERCICE 1. — *Calculer la quantité de chaleur dépensée en watts par le passage d'un courant de 60 ampères dans un rhéostat comportant du fil de maillechort de 3 millimètres de diamètre et de*

résistivité, 0,3 ohm par millimètre carré de section, si la longueur de ce fil est de 21 mètres.

Solution.

Nous allons appliquer la loi de Joule, en employant la formule (29) :

$$W = R I^2$$

Nous voyons qu'il faut calculer d'abord la résistance R du fil de maillechort. La section correspondant au diamètre de 3 millimètres est 7 millimètres carrés en chiffres ronds. On a alors :

$$R = 0,3 \times \frac{21}{7} = 0,9 \text{ ohm.}$$

La dépense en watts dans cette résistance sera alors, avec un courant I = 60 ampères, de :

$$W = 0,9 \times 60^2 = 3.240 \text{ watts.}$$

Exercice 2. — *Dans le problème précédent, calculer :*

1° *La quantité de chaleur dégagée par seconde en petites calories.*

2° *La quantité de chaleur dépensée pendant une heure.*

3° *La puissance correspondante en chevaux.*

Solution.

1° Nous avons vu au § 17 que pour évaluer les quantités de chaleur en petites calories, il faut avoir recours à la formule :

$$W = 0,24 R I^2 \times t.$$

Ici, il s'agit de calculer cette valeur pour une seconde, nous aurons donc simplement :

$$W = 0,24 \times 3.240 = 778 \text{ petites calories.}$$

2° La quantité de chaleur dégagée en une heure ou 3.600 secondes sera alors :

$$W = 0,24 \times 3.240 \times 3.600 = 2.799.360 \text{ petites calories.}$$

3° La puissance en chevaux sera évidemment, d'après le résultat obtenu précédemment, et en se rappelant que 1 cheval = 736 watts :

$$\frac{3.240}{736} = 4,4 \text{ chevaux.}$$

Exercice 3. — *Une lampe à incandescence à filement de charbon, branchée sur un réseau, absorbe 154 watts et prend un courant de 0,7 ampère. On demande de calculer à quelle tension marche le réseau.*

Solution.

D'après la loi de Joule et la formule :

$$W = R I^2$$

Nous avons W = 154 watts et I = 0,7 ampère; nous aurons donc :

$$154 = R \times 0,7^2$$

Nous déduisons de là la résistance de la lampe, qui nous permettra d'obtenir la tension du réseau, on tire donc :

$$R = \frac{154}{0,7^2} = 315 \text{ ohms,}$$

et la formule E = R I nous donnera :

$$E = 315 \times 0,7 = 220 \text{ volts,}$$

qui est la tension demandée du réseau.

Problèmes proposés aux lecteurs.

Problème 21. — Une lampe à incandescence à filament métallique présente une résistance de 200 ohms et fonctionne sur 110 volts. On demande de calculer :

1° La consommation de cette lampe;

2° L'intensité du courant qu'elle absorbe, en supposant qu'on ne connaît pas la tension à laquelle elle fonctionne.

Problème 22. — Un appareil ayant une résistance de 1 ohm est branché sur le circuit A D. Entre les deux mêmes points existe un circuit A B C D muni d'un interrupteur I, permettant de mettre l'appareil A en court-circuit et de le débrancher (fig. 34.

Le circuit A B C D présentant une résistance

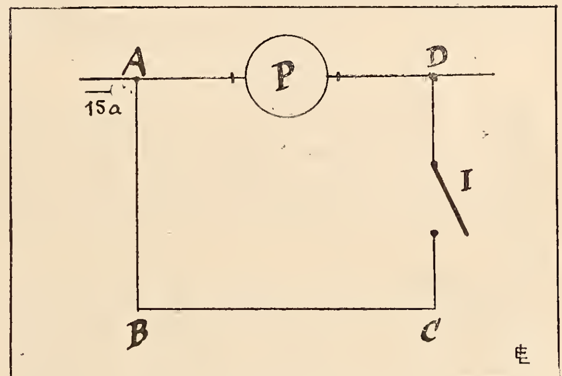


Fig. 34

de 0,01 ohm, on demande de calculer les courants dans l'appareil P et le circuit A B C D lorsqu'on vient à fermer l'interrupteur I et que le courant en A est de 15 ampères.

Problème 23. — Un appareil de chauffage fonctionnnant sous 110 volts à une résistance de 36 ohms, on demande :

1° De calculer en combien de temps cet appareil permettra d'amener à l'ébullition un litre et demi d'eau dont la température est de 12 degrés.

2° La dépense occasionnée au bout de ce temps,

si le prix du kilowatt-heure pour le chauffage est de 0 fr. 15 centimes.

Nota. — Pour simplifier on suppose que toute la chaleur développée par l'appareil est entièrement utilisée pour échauffer l'eau.

Problème 24. — Le fusible d'un coupe-circuit est formé d'un alliage fondant à la température de 265 degrés. Le diamètre du fil fusible est de 2 millimètres, sa longueur de 40 millimètres et sa résistivité de 0,2 ohm.

Sachant que la densité de l'alliage est de 10, sa chaleur spécifique de 0,03 et qu'on veut obtenir la fusion au bout de une seconde, déterminer la valeur du courant qui fera fondre le fusible.

On suppose que la température du lieu où est placé le fusible est de 12 degrés.

Nota. — Une erreur due à une confusion s'est glissée dans la solution du problème 4 : 1° Le bras de levier l du couple a pour valeur $l = 0^m,10$ et non $0^m,20$, de sorte que l'on a pour le nombre de tours du moteur

$$n = \frac{5 \times 60 \times 75}{2 \times 3,14 \times 0,10 \times 12} = 2.985 \text{ tours environ.}$$

En conséquence, on a :

2° Pour la vitesse à la jante

$$v = \frac{2\pi \times 0,10 \times 2.985}{60} = 31^m,25.$$

Enfin 3° : la valeur du couple est

$$c = l \times F$$

ou

$$c = 0,10 \times 12 = 1,2 \text{ kilogrammètre}$$

on pouvait, d'ailleurs, le déduire de la formule

$$P = C\omega, \quad \text{d'où} \quad C = \frac{P}{\omega}$$

Les lecteurs voudront bien rectifier cette erreur. D'ailleurs, le plus grand nombre ont fourni une solution juste.

R. Sivoine,
Ingénieur E. T. P.

TRIBUNE DES ABONNÉS

La Tribune des Abonnés est une rubrique de renseignements mutuels des lecteurs de l'ELECTRICIEN. Nous prions nos lecteurs de vouloir bien adresser leurs réponses aux questions posées à l'ÉLECTRICIEN, 47 et 49, quai des Grands-Augustins, Paris, VIe, avec l'indication « Tribune ».

DEMANDES

N° 64. — Quelle serait la meilleure méthode à employer pour percer le marbre que l'on emploie habituellement dans les grands tableaux de stations ?

J'ai essayé la mèche américaine, la mèche à langue d'aspic.

La première affûtée en angle plus aigu que la normale donne de meilleurs résultats que l'affûtage habituel pour métaux.

La deuxième, résultats identiques, mais dans l'une comme dans l'autre manière de faire, je trouve le perçage encore trop lent. Si on emploie la perceuse électrique, tournant dans les 1.000 t /m, je vois les forets se détremper. Si j'emploie le perçage au vilebrequin ou à « la chignolle », l'avance est excessivement lente. De plus dans tous les cas, il y a souvent des éclats au débouchage du foret, ce qui est inadmissible pour les grands tableaux, dont le verso est visible autant que la façade. Comme plusieurs fois je me suis vu dans l'obligation de confier ces percements à des ouvriers complètement étrangers à ce travail, ne pourriez-vous m'indiquer une manière simple et rapide d'exécuter cet ouvrage, ainsi que de faire disparaître les rayures accidentellement faites lors des manipulations des panneaux sans avoir recours aux marbriers ?

Adam, Joinville-le-Pont.

N° 65. — Pourriez-vous donner quelques détails ou au besoin publier une étude sur le plus grand transformateur construit actuellement ?

Ce transformateur est-il celui de M. Tordensen à Chicago, alimenté à 2.200 volts, 60 périodes, et donnant au secondaire 1.000.000 de volts ?

Ce potentiel est-il calculé simplement d'après le rapport de transformation ou mesure à l'aide d'un électromètre électro-statique ?

A. Trépeaux, 34, avenue de l'Ile, Joinville.

N° 66. — Je vous prie de bien vouloir me donner la formule pour dépolir les lampes électriques.

N° 67. — Pourriez-vous, par l'intermédiaire de votre revue, me procurer le renseignement suivant :

« Dans un secteur de campagne, le directeur de ce secteur peut-il exiger que ses abonnés lui demandent l'autorisation pour les modifications qu'ils désireraient apporter à leur installation *ou simplement* que ses abonnés aient à le prévenir de ces changements ? »

Je veux parler d'abonnés au compteur. E. V. J.

RÉPONSES

N° 52. — Nous publierons dans le prochain numéro de l'*Electricien* une nouvelle réponse sur la question de la dynamo homopolaire.

N° 61. — Vous trouverez les détails de la formation des plaques d'accumulateurs dans l'*Etude résumée des accumulateurs*, par L. Jumau. (Dunod, Editeur.)

N° 62. — Une bague de sûreté contre le vol des lampes électriques est fabriquée et en vente chez M. Baty, 82, rue Amelot, Paris.

N° 63. — Des lampes convertisseurs à mercure sont fabriquées par la Société Westinghouse dont le siège social est 7, rue de Liége, à Paris.

Le Gérant : L. De Soye.

35e Année. — N° 1248. 15 Mars 1920.

L'ÉLECTRICIEN

Revue Internationale de l'Électricité & de ses applications

PARAISSANT LE 1er ET LE 15 DE CHAQUE MOIS

Rédacteur en Chef : Maurice SOUBRIER

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

PROFESSEUR ADJOINT D'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

SOMMAIRE

Recherche du sens de rotation des phases

DANS LES INSTALLATIONS A COURANTS POLYPHASÉS

Dans deux précédents articles (1), nous avons indiqué les règles à suivre pour faire d'une façon méthodique le repérage des installations polyphasées. Afin de compléter cette étude, nous allons indiquer la façon de trouver le sens de rotation des vecteurs représentatifs de tensions polyphasées. Nous donnerons les moyens pratiques de résoudre cette question et nous terminerons en essayant de présenter une explication mathématique d'une de ces méthodes qui semble, **a priori**, *constituer un paradoxe.*

1° EXPOSÉ DE CETTE RECHERCHE.

Quand, dans la pratique, à la suite de l'installation d'un alternateur polyphasé devant fonctionner en parallèle avec d'autres déjà installés, on doit réaliser pour la première fois le couplage de cette nouvelle machine, la précaution à prendre consiste à s'assurer que les phases du réseau et celles de la machine tournent bien dans le même sens. Un grand nombre de dispositifs classiques sont utilisés dans ce but : groupement particulier de lampes à l'allumage ou à l'extinction dit à feu tournant, moteur asynchrone que l'on branche successivement et de la même façon (en se déplaçant d'un mouvement de translation) avant et après l'interrupteur de couplage; il doit, si les phases se correspondent bien, tourner dans le même sens pour les deux branchements; certains constructeurs ont même réalisé une petite boussole remplaçant le moteur asynchrone dont nous venons de parler et jouant exactement le même rôle.

Toutes ces méthodes, si ingénieuses soient-elles, ne donnent jamais qu'une notion de relativité entre les sens de rotation des phases du réseau et celles de la machine. Jamais elles ne permettent de trouver d'une façon absolue le sens de rotation des phases. C'est ce nouveau sujet que nous voulons essayer d'étudier.

2° UTILISATION D'UN WATTMÈTRE ET D'UNE SELF SUR UNE INSTALLATION DIPHASÉE.

Tout d'abord, dans une installation diphasée cinq fils, par exemple, dont les fils sont repérés (1), (bleu, blanc, rouge, noir), on peut à l'aide d'un wattmètre connaître le sens de rotation des phases très facilement. On branche un électroselfique sur

(1) Voir l'*Électricien* des 15 et 30 octobre 1919.

un des circuits (la phase I, sur notre figure 1) et on fait passer l'intensité décalée circulant dans cette

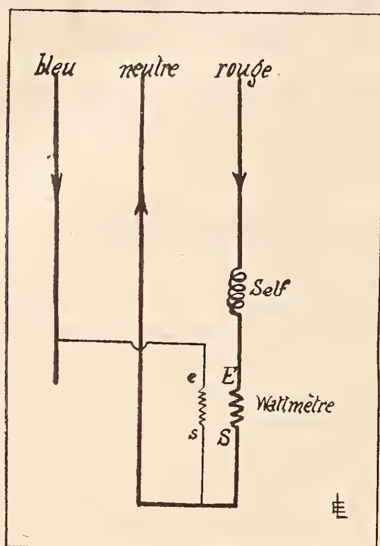


Fig. 1.

self dans le gros fil d'un wattmètre, le fil fin étant excité par la phase II. Le wattmètre doit être lui-même repéré et bien branché, comme nous l'avons dit dans les deux précédents articles.

Soient u_1 la tension phase I, u_2 la tension phase II, i_1 l'intensité dans l'électro selfique, Φ l'angle de décalage de i_1 sur u_1, prenons comme sens positif de rotation des vecteurs représentatifs le sens inverse des aiguilles d'une montre et traçons les diagrammes 2 et 3 qui correspondent aux deux hypothèses

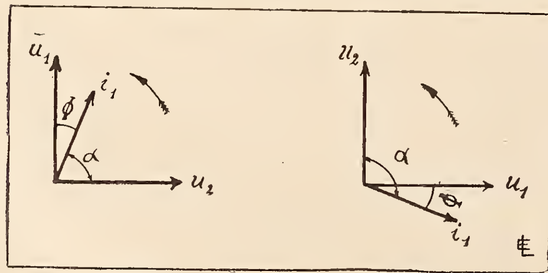


Fig. 2. Fig. 3.

possibles, la figure 2 si u_2 est en retard sur u_1 et la figure 3 si u_1 est en retard sur u_2.

Dans les deux cas le wattmètre enregistrera $u_2 i_1 \cos\alpha$, mais l'angle α de notre premier diagramme est égal à $90^\circ - \Phi$, donc plus petit que $\frac{\pi}{2}$ et :

$$\cos\alpha > 0$$

sur notre deuxième diagramme, au contraire, l'angle $\alpha = 90 + \Phi$, donc est plus grand que $\frac{\pi}{2}$ et :

$$\cos\alpha < 0.$$

La conclusion est immédiate :

Si, plaçant toujours l'électro selfique sur la phase I, on a u_2 *en retard sur* u_1, *le wattmètre marque à l'endroit; au contraire, si* u_1 *est en retard sur* u_2 *le wattmètre marque à l'envers.*

3° UTILISATION DE LA MÉTHODE DES DEUX WATTMÈTRES DANS LES INSTALLATONS TRIPHASÉES.

En ce qui concerne les installations triphasées, l'emploi de la méthode des deux wattmètres pour la mesure de la puissance peut nous conduire, sans aucune difficulté, aux résultats suivants :

1° Mesure de la puissance efficace;

2° Mesure du facteur de puissance de l'installation, dans le cas du triphasé équilibré;

3° Détermination du sens de rotation des phases.

Nous allons répéter ici cette théorie classique et nous en tirerons les conclusions précitées.

Soient trois circuits 1, 2, 3, parcourus par des courants décalés de 120°, branchons deux wattmètres comme l'indique la figure 4, les gros fils

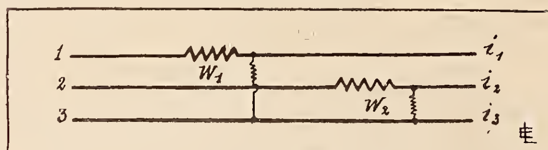


Fig. 4.

sur les conducteurs 1 et 2, les fils fins entre ces mêmes conducteurs et le troisième.

Dans ces conditions nous avons à chaque instant :

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

d'où :

$$i_3 = -i_1 - i_2$$

la puissance à mesurer est :

$$W = u_1 i_1 + u_2 i_2 + u_3 i_3$$

en remplaçant i_3 par sa valeur, il vient :

$$W = u_1 i_1 + u_2 i_2 - u_3 i_1 - u_3 i_2$$

$$W = (u_1 - u_3) i_1 + (u_2 - u_3) i_2 \qquad (1)$$

si on avait branché les gros fils sur 1 et 3 et les fils fins entre 1,2 et 3,2, on aurait obtenu cet autre résultat :

$$W = (u_1 - u_2) i_1 + (u_3 - u_2) i_3 \qquad (2)$$

enfin les gros fils étant sur 2 et 3 et les fils fins entre 1,2, et 1,3, on aurait :

$$W = (u_2 - u_1) i_2 + (u_3 - u_1) i_3 \qquad (3)$$

ces trois équations nous permettent de tracer

trois diagrammes semblables, décalés de 120° l'un par rapport à l'autre. La figure 5 représente l'un d'entre eux; u_1, u_2 et u_3 sont les trois vecteurs représentatifs des trois tensions triphasées décalées de 120°. Prenons comme sens positif le sens inverse des aiguilles d'une montre (c'est du reste celui que nous emploierons toujours dans les diagrammes qui vont suivre). Utilisons la première formule et construisons les tensions composées ($u_1 - u_3$) et ($u_2 - u_3$), nous obtenons U et U′. Si $u_1 = u_2 = u_3$, les tensions U et U′ sont égales à $u\sqrt{3}$ et sont décalées) U de l'angle $\frac{\pi}{6}$ en avant de u_1, U′ de $\frac{\pi}{6}$ en arrière de u_2.

Le wattmètre W_1, dont le gros fil est parcouru par i_1, mesurera donc :

$$W_1 = U\,i_1 \cos\left(\frac{\pi}{6} + \varphi\right)$$

et le wattmètre W_2, dont le gros fil est parcouru par i_2, mesurera :

$$W_2 = U' i_2 \cos\left(\frac{\pi}{6} - \varphi\right)$$

Voyons ce que deviennent les indications de ces deux wattmètres en fonction de l'angle φ. Pour cela faisons varier φ de 0 à 90° et notons les valeurs W_1 et W_2 ainsi que la somme des deux pour des angles remarquables ; nous obtiendrons le tableau suivant :

à envisager dans la pratique. Comme pour faire la lecture des deux wattmètres, on croise les fils de

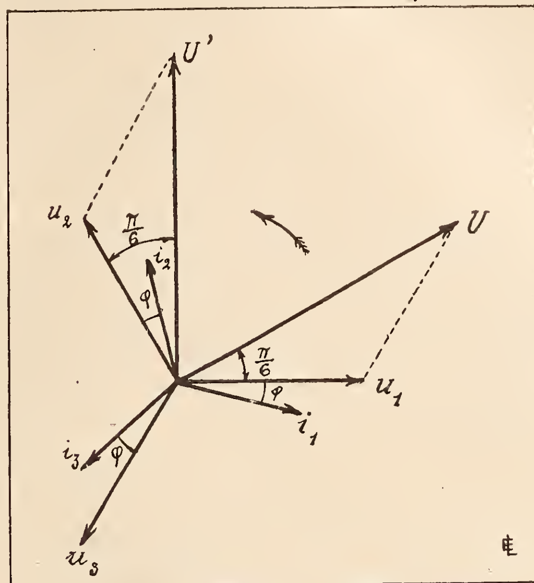


Fig. 5.

l'un d'entre eux quand il marque à l'envers, on peut même dire que, en valeur absolue, W_1 est

φ	W_1	W_2	$W_1 + W_2$	
0	$\sqrt{3}\,ui \cos 30° = \frac{3}{2}\,ui$	$\sqrt{3}\,ui \cos(-30°) = \frac{3}{2}\,ui$	$\frac{3}{2}\,ui + \frac{3}{2}\,ui = 3\,ui = 3\,ui \cos 0°$	$W_1 = W_2$
décalage croît	W_1 décroît	W_2 croît		
30°	$\sqrt{3}\,ui \cos 60° = \frac{\sqrt{3}}{2}\,ui$	$\sqrt{3}\,ui \cos 0° = \sqrt{3}\,ui$	$\frac{\sqrt{3}}{2}\,ui + \sqrt{3}\,ui = \frac{3\sqrt{3}}{2}\,ui = 3\,ui \cos 30°$	$W_1 < W_2$
décalage croît	W_1 décroît	W_2 décroît		
60°	$\sqrt{3}\,ui \cos 90° = 0$	$\sqrt{3}\,ui \cos 30° = \frac{3}{2}\,ui$	$0 + \frac{3}{2}\,ui = \frac{3}{2}\,ui = 3\,ui \cos 60°$	$W_1 < W_2$
décalage croît	W_1 décroît	W_2 croît		
90°	$\sqrt{3}\,ui \cos 120° = -\frac{\sqrt{3}}{2}\,ui$	$\sqrt{3}\,ui \cos 60° = \frac{\sqrt{3}}{2}\,ui$	$-\frac{\sqrt{3}}{2}\,ui + \frac{\sqrt{3}}{2}\,ui = 0 = 3\,ui \cos 90°$	$W_1 < W_2$

Les angles $\frac{\pi}{6} \pm \varphi$ ont été comptés positivement lorsque l'intensité circulant dans le gros fil d'un wattmètre est décalée en arrière de la tension composée alimentant le fil fin de ce même wattmètre; ils sont comptés négativement dans le cas contraire.

On voit par l'examen de ce tableau que la déviation W_1 est, en valeur algébrique, toujours plus petite que W_2, sauf pour $\varphi = 0$ (où on a l'égalité de ces deux indications), cas qui n'est pour ainsi dire pas

toujours plus petit que W_2 sauf pour $\varphi = 0$ et $\varphi = 90°$, deux cas dont nous n'avons pas à tenir compte pratiquement.

Le diagramme de la figure 5 nous montre que le wattmètre W_2 est placé sur la phase décalée en avant par rapport à celle sur laquelle est branché W_1. On aurait pu faire six diagrammes différents en employant les formules (1), (2) et (3) et en refaisant trois diagrammes avec un sens de rotation inverse ; pour ces six cas on aurait obtenu la même conclusion. On peut donc tirer la règle suivante, qui donne le sens de rotation des phases.

Quand on emploie la méthode des deux wattmètres pour mesurer une puissance triphasée, le wattmètre qui accuse la plus grande déviation est branché sur la phase en avant par rapport à celui qui accuse la plus petite déviation.

Il est bien entendu que, sur un réseau qui, au lieu d'être inductif, présenterait une capacité prédominante, le résultats serait inverse.

4° UTILISATION DE DEUX LAMPES ET D'UNE SELF DANS TOUS LES CAS.

On peut, d'une manière encore plus simple, résoudre la question à l'aide de deux lampes à incandescence *identiques* et d'une petite self. Cette méthode présente le grand avantage de s'appliquer à tous les cas, quel que soit le nombre des phases, et quelles que soient les phases choisies pour faire le montage.

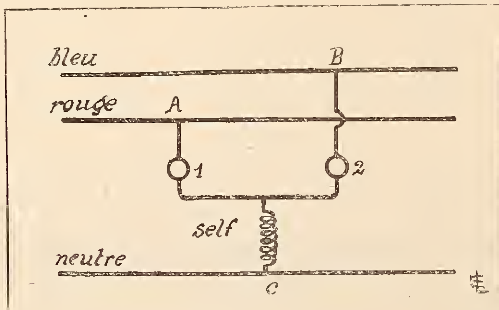


Fig. 6.

On branche les lampes, comme l'indique la figure 6, sur deux des fils de phase et on forme un retour commun en passant par une self.

Dans tous les cas, la lampe qui brille le plus est celle qui est branchée sur la phase en arrière.

Cette méthode, de beaucoup la plus élégante, puisqu'elle est tout à fait générale, c'est-à-dire s'applique à tous les cas, semble constituer, *a priori*, un paradoxe; rien ne fait prévoir, en effet, que dans un montage rigoureusement symétrique, comme celui de la figure 6, une des lampes doive éclairer plus que l'autre, nous allons essayer d'en donner une solution mathématique.

5° QUELQUES EXPLICATIONS PRELIMINAIRES.

Comme nous allons supposer le problème résolu et tracer des diagrammes qui vont nous servir à l'établissement des calculs, nous voudrions préparer le lecteur, par quelques renseignements, à la compréhension de ces diagrammes.

1° Si nous disposons d'une force électro-motrice alternative E et que nous l'utilisions pour faire passer un courant I dans une résistance ohmique R, la chute de tension U dans la résistance est en phase avec E.

2° Si au contraire E alimente une self S de coefficient de self-induction L, on obtient le diagramme numéro 7 dans lequel $\omega L I$ est décalé de 90° par rapport à RI, la différence de potentiel aux bornes U' est la résultante de ces deux vecteurs RI et ω LI.

U' est égale en grandeur à :

$$U' = R_A \, I$$

R_A étant la résistance apparente donnée par la formule :

$$R_A = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$$

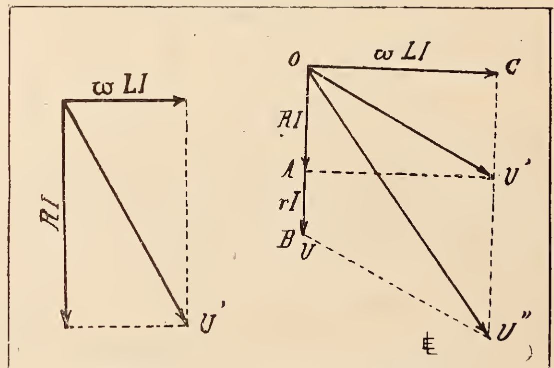


Fig. 7. Fig. 8.

3° Si E alimente une self S et une résistance ohmique en série *r*, la différence de potentiel aux bornes de l'ensemble U″ est la somme de la chute de tension selfique et de la chute de tension ohmique.

Soient $o\,c = \omega L I$ et $O A = R I$ pour la self; on a U' différence de potentiel aux bornes de la self. Soit aussi $O B = r I = U$ différence de potentiel aux bornes de la résistance ohmique additionnelle. La différence de potentiel aux bornes de l'ensemble sera :

$$U'' = U + U'$$

L'angle U' OB est plus petit que 90°, quelles que soient la self et la résistance *r* en série. Ceci est du reste évident, car en augmentant de plus en plus *r*, et en laissant R et L constants, le vecteur U″ se rapproche de plus en plus de U. A la limite, quand la self devient négligeable devant la résistance ohmique, U″ se confond avec U.

4° Si on alimente ensuite la *self seulement*, par un deuxième courant décalé par rapport au premier, U' aux bornes de la self va augmenter,

on pourra obtenir sa valeur de la façon suivante : On tracera deux diagrammes identiques correspondant à chacun des circuits considérés séparément. Dans notre problème, ces circuits sont identiques, ils sont composés chacun d'une lampe à incandescence (elles ont été choisies

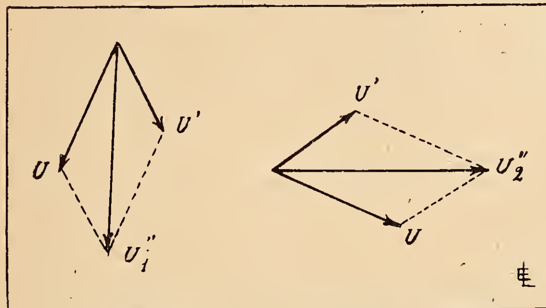


Fig 9. Fig. 10.

rigoureusement semblables) et de la même self ; les deux diagrammes seront donc absolument pareils ; ils seront décalés d'un angle égal à l'angle de décalage des deux tensions alimentant les deux circuits. Les figures 9 et 10 représentent ces deux diagrammes en supposant les deux tensions d'alimentation U_1'' et U_2'' décalées de 90°, c'est-à-dire deux tensions diphasées.

La tension résultante aux bornes de la self est la somme des deux tensions U′ des diagrammes 9 et 10.

Possédant cette tension résultante aux bornes de la self et les tensions U_1'' et U_2'' d'alimentation des deux circuits, il est facile de compléter le diagramme et d'obtenir la figure 11 en utilisant les 2 relations suivantes :

$$U_1 = U_1'' - U'$$
$$U_2 = U_2'' - U'$$

U′ est effectivement composante simultanément des deux résultantes U_1'' et U_2''. Les tensions U_1 et U_2 aux bornes des résistances ohmiques en série avec la self sont de chaque côté de U_1'' et U_2'' ; c'est surtout ce que nous voulions montrer avant de continuer notre calcul ; nous pourrons ainsi tracer nos futurs diagrammes sans fournir d'explications relatives à la position des vecteurs les uns par rapport aux autres.

Dans la cas qui nous intéresse, les tensions U_1 et U_2 de la figure 11 sont les tensions aux bornes des lampes à incandescence.

Nous donnerons dans la suite de cette étude, l'application de la méthode aux installations déphasées et triphasées.

E. François,
Ingénieur électricien (MA SIEF).

NOTES SUR LES

Nouveaux appareils de télégraphie rapide.[1]

Influences et attractions. — Pile Féry. — Emplois du courant industriel. — Codes Morse et Baudot. — Traducteurs et cryptogrammes. — Rendement.

INFLUENCE DES MASSES ISOLANTES SUR LA DISTRIBUTION DU COURANT

Avant de quitter le sujet de la distribution du courant dans la terre, je voudrais faire remarquer combien nous connaissons peu de chose, par suite de la rareté des expériences ; un des cas étudiés est celui d'une sphère isolante au milieu d'un courant permanent rectiligne, uniforme, indéfini. On sait qu'alors la distribution résulte de la superposition d'un potentiel proportionnel à la distance à un plan de section droite et d'un potentiel dû à un doublet placé au centre de la sphère. On sait intégrer l'équation différentielle des trajectoires. Mais, en dehors de ces conditions très simples, l'influence des corps enfouis est peu connue.

ATTRACTIONS AMPÉRIENNES EN MILIEU CONTINU

Une autre question du même genre consisterait à se demander l'état des pressions que le milieu éprouve du fait des courants. Je m'explique. Considérons deux cylindres droits à base circulaire indéfinis et concentriques comprenant entre eux une gaine annulaire parcourue longitudinale-

(1) Voir *Électricien*, 1er et 15 février 1920

ment par un courant. A la distance r de l'axe, le champ magnétique est de la forme

$$= 2\pi i\left(r - \frac{a^2}{r}\right)$$

si cette distance r est intermédiaire entre les deux rayons de la couronne. L'action sur un filet est dirigée vers le centre. L'ensemble de ces forces doit donc produire une pression vers le centre. Deux filets parallèles s'attirent en raison inverse de la distance. Si donc il y avait dans la gaine annulaire considérée une cavité en forme de filet parallèle à l'axe et mobile, elle devrait, par le jeu de toutes ces attractions, tendre à être expulsée. D'une façon générale, les actions mutuelles d'un milieu liquide, siège d'un courant permanent, doivent exercer des pressions sur les corps isolants qui y sont plongés. Je ne connais pas d'études faites sur ce phénomène. On pourra m'objecter que cette expérience serait sans utilité pratique. Mais est-ce que les tubes de Geissler n'ont pas été un jouet, avant que les lampes à vide n'aient été utilisées sur le front à des milliers et des milliers d'exemplaires ? Or ceci vient de cela. Il serait intéressant d'étudier les résultantes et les couples, les déplacements et les rotations (1).

REMARQUES SUR LA CHALEUR DE JOULE. PUISSANCE CALORIFIQUE RELATIVE

Encore une observation qui me paraît n'avoir pas été faite explicitement. Supposons que dans un milieu parcouru par un courant permanent, il vienne à naître un courant tourbillonnaire, dû, par exemple, à la variation d'un champ magnétique, c'est-à-dire à quelque phénomène d'induction. Si le courant permanent n'existait pas, ce courant tourbillonnaire aurait en un point donné une intensité représentée par un vecteur i. Le courant permanent ayant en ce point une intensité représentée par le vecteur I, il résulte du principe de superposition que le courant réel est représenté par un vecteur qui est la somme géométrique des vecteurs i et I qui font entre eux un angle φ, par exemple. Si j'appelle i_0 et I_0 les valeurs absolues de i et de I, il y aura par unité de volume, au point considéré, un dégagement de chaleur instantané qui par unité de temps évalué sera égal, en vertu de la loi de Joule, à :

$$\frac{1}{c}\,(i^2_0 + I^2_0 + 2\,i_0 I_0 \cos \varphi)$$

c étant la conductibilité spécifique. Si l'on fait la somme des quantités de chaleur ainsi dégagées en rapportant le dégagement à ce qu'il serait dans l'unité de temps, on obtient le terme $\frac{1}{c}\ I^2_0$ pour le dégagement dû au courant permanent, le terme $\frac{1}{c}\ i^2_0$ pour celui qui dépend du courant d'induction, à supposer qu'il existât seul et enfin un terme complémentaire, qu'on pourrait appeler la chaleur relative et dû à $\frac{1}{c}\ i_0\ I_0 \cos \varphi$.

La proposition que je veux démontrer, c'est que cette chaleur complémentaire est nulle. Considérons, en effet, un filet de courant tourbillonnaire, ce filet est fermé sur lui-même et tout le long de ce filet, le flux de courant $i_0 d$S, produit de l'intensité par la section droite est constant. Soit dl l'élément de longueur du filet; la quantité $I_0 \cos \varphi\, dl$ représente le travail élémentaire de I_0 considéré comme une force ou, si l'on veut, pour employer le langage de l'hydrodynamique, la circulation élémentaire de I_0 le long de dl. Cela posé, le dégagement pour le volume élémentaire $dl \times d$S du filet considéré est :

$$\frac{1}{c}\, i_0\ I_0 \cos \varphi\ dl\, dS = \left(\frac{i_0}{c}\, dS\right) \times I_0 \cos \varphi\ dl.$$

Le facteur entre parenthèses est constant le long du filet et la sommation appliquée au second facteur le long du filet total est nulle, parce qu'elle est égale à la circulation totale de I_0 et que cette circulation est nulle, puisque la distribution du courant permanent dérive d'un potentiel et qu'on est revenu au point de départ.

Bien que ce théorème corresponde à la propriété connue, mise en évidence par Vaschy, d'après laquelle l'énergie relative des aimants dans le champs des courants est nulle, je ne crois pas qu'il ait été encore énoncé par la chaleur de Joule relative, des courants induits dans le champ des courants permanents.

On peut exprimer cette propriété en disant que le dégagement de chaleur dû aux courants superposés de ces deux espèces a lieu comme si chacun d'eux existait seul.

(1) Au cours d'une mission que nous avons faite aux Etats-Unis avec la commission d'électrification des chemins de fer, il nous a été donné d'assister à une belle expérience de cours imprévue. On établissait entre un fil de trolley à 3000 volts et les rails un court-circuit dont l'intensité était comprise entre 1500 et 2000 ampères par le moyen de deux câbles en parallèle servant de fils volants. Au moment même du court-circuit, les deux brins venaient se choquer brusquement par attraction électrodynamique. On ne dispose pas toujours de moyens de démonstration aussi puissants.

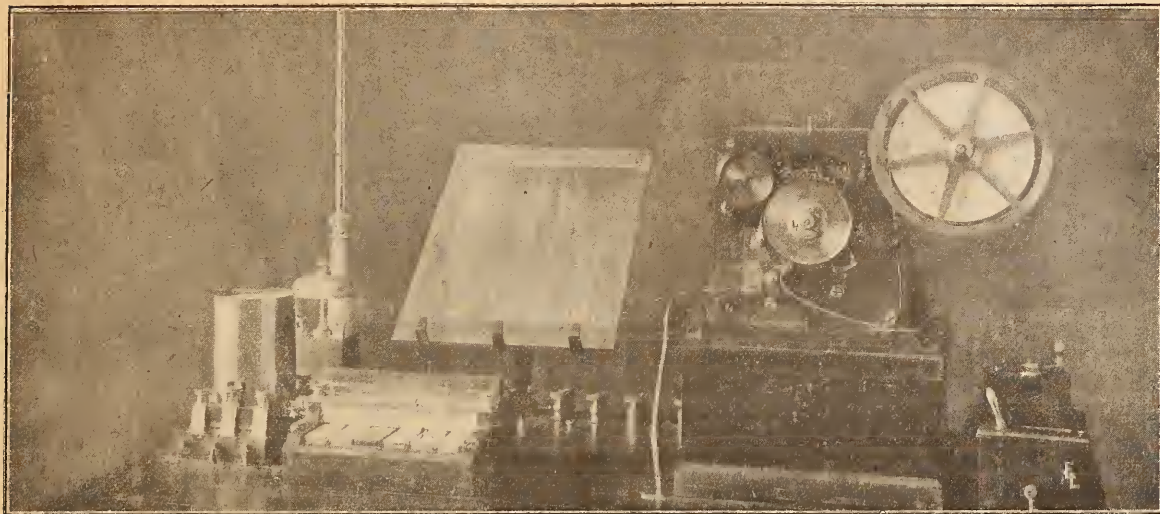


Fig. 1. — Appareil simplex Baudot. Vue côté avant.

PILE FERY

Revenons à la télégraphie et tout d'abord à la pile. C'est dans les *Lectures scientifiques* de Jules Gay qu'il convient de lire la lettre de Volta (20 mars 1800) relatant sa découverte et le mémoire fondamental de Davy de 1806. Mais, si ancienne que soit la pile, elle ne cesse d'être un pays inconnu, qui nous réserve des surprises. La pénurie des matières premières a, pendant la guerre, ramené l'attention sur elle, non seulement en France, mais encore en Allemagne. C'est ainsi que, dans le numéro 47 du 22 novembre 1918 de la *Deutsche Verkehrs Zeitung*, feuille hebdomadaire consacrée au service des Postes et des Télégraphes et vouée aux intérêts des employés, nous trouvons un long article consacré à la pile Féry. Ce journal indique les changements de résidence, annonce les allocations exceptionnelles de cherté de vie, etc., comme nos journaux professionnels, mais il comporte aussi une partie technique, sinon scientifique, dont nous regrettons l'absence dans les journaux similaires en France. Je traduis seulement le début : « Nouvel élément à charbon. — Selon l'*Elektrotechnischer Anzeiger* du 27 octobre 1918, le savant français, professeur Féry, aurait réussi, après des essais de longue durée, à fabriquer un élément à liquide n'exigeant plus comme dépolarisant le bioxyde de manganèse. Le bioxyde, jusqu'à présent nécessaire aux éléments à charbon, était procuré à l'industrie française à l'état de pureté obligatoire presque exclusivement par l'industrie allemande. La France a donc dû, quand la guerre a éclaté, chercher à remplacer ce produit. Le professeur Féry veut l'empêcher d'être indispensable, en confiant le rôle de dépolarisant à l'oxygène de l'air », et l'article se termine ainsi : « Les éléments d'essai s'étant comportés d'une façon fort satisfaisante, on ne saurait trop recommander leur fabrication, dans la situation actuelle de l'Allemagne aussi bien au point de vue technique qu'au point de vue économique. » Nous croyons savoir que les expériences de contrôle poursuivies par le service d'études et de recherches techniques de l'Administration des P. T. T., sous la haute direction de M. l'Inspecteur général Dennery, ont continué à donner des résultats satisfaisants. Pour plus de détails, je renverrai au Bulletin de mars 1917 de la Société internationale des électriciens.

ACCUS

En ce qui concerne les accus, comme on dit depuis qu'Hospitalier a donné l'exemple, je ne me hasarderai pas sur le terrain de la théorie chimique ; de nouvelles expériences ont suscité des polémiques ; mais je noterai que, pendant la guerre, l'Etablissement central de la radiotélégraphie a eu à emmagasiner et à fournir aux armées d'innombrables éléments. Or, dans l'accumulation des stocks, si les éléments peuvent se décharger sur eux-mêmes, par suite de défauts d'isolement même légers, les charges finissent par disparaître. On a pu constituer des éléments sur le principe de l'encrier irrenversable ; ces éléments peuvent être remplis sans qu'un défaut de soin nuise à leur bonne isolation ; leur manipulation s'effectue

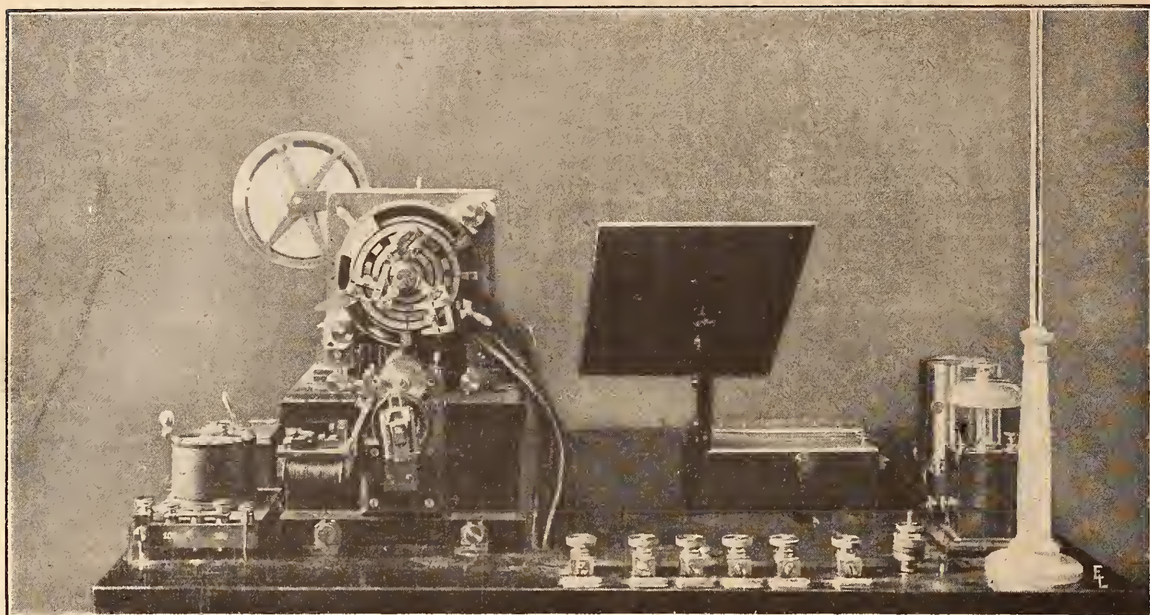


Fig. 2. — Appareil simplex Baudot. Vue côté arrière.

sans qu'ils craignent d'être agités ou inclinés. C'est un grand progrès. Il est à noter.

EMPLOI DU COURANT INDUSTRIEL

Ajoutons que, de plus en plus, l'Administration des P. T. T. tend à utiliser le courant du secteur. C'est ainsi qu'au bureau de Brest, on a éliminé complètement les piles, en alimentant les appareils par le courant industriel alternatif redressé. Le redresseur employé est une ampoule à vapeur de mercure. On utilise en même temps, à titre de batterie-tampon, deux groupes de 80 éléments d'accus au plomb, dont le milieu est mis à la terre. Des précautions de toute nature ont été prises pour parer à toute interruption de service. L'expérience sera intéressante à suivre.

CODES

CODE MORSE ET CODE CONTINENTAL

L'on croit souvent que le code de signaux employés en Europe est le code Morse; cependant le code employé en Amérique et qui y est désigné par le nom de Code Morse est différent du nôtre qui y est appelé Code continental. Je me bornerai à donner ici les signaux qui diffèrent.

	Morse.	*Continental.*
C	- - -	— - — -
F	- — -	- - — -
J	— - — -	- — — —
L	—	- — - -
O	- -	— — —
P	- - - - -	- — — -
Q	- - — -	— — - —
R	- - -	- — -
X	- — - -	— - - —
Y	- - - -	— - — —
Z	- - - -	— — - -
&	- - - -	— — - -
1	- — — -	- — — — —
2	- - — - -	- - — — —
3	- - - — -	- - - — —
4	- - - - —	- - - - —
5	— — —	- - - - -
6	- - - - - -	— - - - -
7	— — - -	— — - - -
8	— - - - -	— — — - -
9	— - - —	— — — — -
10	—	— — — — —

J'omets les signes conventionnels qui sont moins fréquemment utilisés.

On remarque à simple vue que le code Morse est plus avantageux que le code Continental, puisqu'il est moins riche en traits. On comprend, d'autre part, que les Américains emploient un manipulateur vibrant.

Cet appareil est construit de façon que si l'on appuie sur le levier pour faire un point, l'appareil se

met en vibration et émet une série de points qu'on arrêtera en amortissant le levier. On peut dire que les points se font d'eux-mêmes. Ce genre de manipulateur ne semble pas s'être répandu en Europe.

TRADUCTEURS ET CRYPTOGRAMMES

Les codes divers employés dans les différents genres d'appareils constituent une sorte de cryptographie. Mais cette cryptographie est facile à déchiffrer puisque l'on a la clé. Aussi, pendant la guerre, certains inventeurs ont-ils proposé, pour assurer le secret, diverses combinaisons, par lesquelles des inversions de courant se produisaient au départ et se corrigeaient à l'arrivée d'une façon automatique. Les appareils multiples se prêtaient à de nombreuses variantes. Je ne crois pas cependant que ces dispositifs de protection contre le déchiffrage de télégrammes en danger d'être surpris par l'ennemi aient été jamais appliqués.

Un appareil traducteur est en quelque sorte un déchiffreur automatique de cryptogrammes. Le déchiffrage est alors une opération qui a pour but de faire apparaître un caractère d'imprimerie à la place d'un groupe de signaux convenus.

CODE BAUDOT

Chaque lettre de la roue des types est caractérisée par le numéro du secteur qu'elle occupe sur la périphérie; chaque signal élémentaire agit sur un organe ou sur un autre et la succession des signaux composant l'émission d'une lettre peut être assimilée à l'écriture d'un nombre dans un système donné de numération. Un traducteur est donc essentiellement une machine à calculer qui, étant donné un nombre écrit dans un certain système de numération, le traduit automatiquement dans un autre système de numération.

C'est ainsi que le code Baudot employant pour chaque lettre cinq émissions successives de même durée pouvant chacune être positive ou négative représentera, par exemple, la lettre M par la combinaison :

— + — + +

que je lis :

0 1 0 1 1

en faisant correspondre le chiffre significatif 0 au signe — et le chiffre significatif 1 au signe +. J'ai alors, dans la numération binaire, le nombre $2^3 + 2 + 1 = 11$. Chaque lettre est ainsi représentée par ce que j'appellerai son numéro d'abonné. La lettre M s'appelle 11 à l'annuaire.

Quant à son domicile, c'est 12, parce que les lettres se suivent sur la jante de la roue des types dans l'ordre A E Y J X U G T H W C M, etc., et que M occupe le secteur n° 12; les lettres A E Y, etc., figurent ainsi les chiffres significatifs 1, 2, 3, etc., dans un système de numération où les chiffres, au lieu d'être au nombre de 9, sont en nombre égal au nombre des lettres admises dans l'alphabet Baudot.

INVERSION.

Maintenant, quand on a écrit les nombres 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, il est facile d'en écrire dix autres, en passant à la seconde dizaine, ce qui se fait par une convention qui donne à l'unité la valeur dix quand elle est placée au second rang à gauche. De même, quand on a écrit les 31 signaux considérés comme lettres, il suffit d'envoyer le signal « blanc des chiffres » pour produire un déclenchement, appelé inversion, lequel a pour effet de décaler la roue des types, de façon que les intervalles entre les lettres deviennent les intervalles utiles; c'est sur ces secteurs intermédiaires que sont les caractères donnant les chiffres et signes de ponctuation; nous avons encore 31 secteurs, mais le blanc des chiffres a fait en quelque sorte l'office d'une unité du second ordre donnant une nouvelle valeur à chacun des 31 secteurs.

Ce dispositif d'inversion est employé dans beaucoup de mécanismes, en dehors de la télégraphie. Par exemple, à la sortie d'une machine à journaux, les exemplaires sont comptés dix, puis un déplacement se produit et une pile nouvelle de dix se forme; la recette revient à sa place primitive, et tout recommence, on obtient ainsi deux séries de groupes de dix. Le mécanisme est un dispositif d'inversion.

RENDEMENT

Mais nous voici en présence de deux codes, le code Morse et le code Baudot. Lequel des deux est préférable ? Nous ne saurions mieux faire que d'interroger l'homme le plus compétent en matière de télégraphie, M. Montoriol, qui nous dit, dans les *Annales télégraphiques* de septembre 1919, que, sur une ligne permettant l'émission de 6.000 signaux élémentaires à la minute, les codes Baudot et Morse peuvent donner respectivement 200 et 117 mots, ce qui fait ressortir à l'avantage du premier 83 mots par minute, soit un bénéfice d'environ 71 %.

C'est ce qui explique l'adoption du code à cinq signaux dans les appareils mécaniques modernes de Muray, de la Western Electric Cy et de Siemens et Halske.

POMEY, J.-B,
Ingénieur en chef des P. T. T.

La nouvelle législation française des poids et mesures.

On peut dire que l'intérêt et l'opportunité de la nouvelle loi sur les unités de mesures ne sont pas apparus clairement au monde scientifique et industriel. Mais nous devons considérer, en ce qui nous concerne, que cette loi donne un statut légal aux unités électriques, qui n'avaient pas été encore sanctionnées légalement. A ce titre, nous donnons ci-dessous un résumé clair et succinct de ladite loi.

La Chambre des Députés a voté le 2 août 1919 une loi modifiant la législation actuelle des poids et mesures et précisant, en particulier, que les unités de la *mécanique industrielle* seront déduites à l'avenir d'*unités principales* bien déterminées, qui sont : le mètre (unité de longueur), la tonne (unité de masse), la seconde (unité de temps), l'ohm (unité de résistance électrique), l'ampère (unité d'intensité de courant), la bougie décimale (unité d'intensité lumineuse) et le degré centésimal (pour l'expression des températures).

La nouvelle loi ne prétend nullement bouleverser les habitudes des chercheurs. Elle laisse toute latitude aux théoriciens et aux savants d'utiliser le système universellement adopté dans les milieux scientifiques : le système C. G. S. : son intérêt et sa portée sont tout autres : elle n'a en vue que les unités de la *mécanique industrielle*, étant destinée avant tout à faciliter les transactions en introduisant dans la pratique des unités commodes à manier et de grandeurs appropriées aux mesures que comportent l'industrie et le commerce. Comme le souligne fort bien dans son rapport général M. A. Pérot, le distingué physicien président de la Commission chargée de préparer la nouvelle législation : « la loi ne vise que les opérations donnant directement lieu à une rémunération monétaire ; elle est faite pour le Commerce et la partie commerciale de l'Industrie ».

La loi, telle que l'a votée la Chambre, renferme la liste des nouvelles unités fondamentales, unités qui se rattachent au système dit M. T. S. (mètre-tonne-seconde). Elle est complétée par un règlement d'administration publique, rendu après avis de la commission de métrologie usuelle, du Comité consultatif des Arts et Manufactures, du Bureau national des poids et mesures et de l'Académie des Sciences. Ce règlement a été publié le 26 juillet 1919 et contient l'énumération et la définition des unités secondaires. Il lui est adjoint un tableau général des unités légales, comprenant les unités principales et secondaires, ainsi que leurs multiples et sous-multiples usuels. Seules les unités inscrites dans ce tableau et celles que l'on peut déduire de la combinaison de ces diverses unités entre elles, pourront être employées dans les transactions à partir du 26 juillet 1920, date de l'entrée en vigueur de la nouvelle loi Remarquons du reste que pour ménager une transition facile, il a sagement été prévu que l'usage d'un certain nombre d'unités actuellement très répandues dans la pratique, mais ne faisant pas partie du système M. T. S., serait encore toléré à titre provisoire pendant un laps de temps qui sera fixé ultérieurement.

Il y a lieu en tous cas de se familiariser peu à peu avec le nouveau système d'unités légales et de se bien pénétrer des changements qui découleront de son emploi.

Nous nous proposons, dans la première partie de cet exposé, d'étudier en détail le tableau général des « unités commerciales et industrielles », publié dans le *Journal officiel* du 5 août 1919 ; nous aborderons, dans la deuxième partie, la discussion théorique et rapide des avantages du système M. T. S., et des raisons pour lesquelles il a été adopté de préférence à un certain nombre d'autres systèmes d'unités.

Il nous paraît commode de conserver dans ses grandes lignes la classification des unités adoptée dans le tableau officiel.

Au nom de chacune des unités, nous adjoignons son symbole caractéristique et sa définition. Il reste entendu que pour compléter la liste que nous allons dresser, il y a lieu d'adjoindre aux unités elles-mêmes, tous leurs multiples et sous-multiples décimaux.

§ 1. — Unités géométriques.

(A) : à titre définitif.

Longueur. — **Le mètre (m)**, est la longueur à 0°, du prototype international en platine irridié, sanctionné par la conférence générale des poids et mesures tenue à Paris en 1889 et déposé au Pavillon de Breteuil, à Sèvres.

Le mètre est l'une des bases, l'une des unités fondamentales, du système M. T. S.

Superficie. — **Le mètre carré (m^2)** : Superficie contenue dans un carré de 1 mètre côté.

L'hectare (ha), l'are (a) (1 a vaut 100 m^2), et

le centiare (*ca*) sont susceptibles d'être employés dans les mesures de surfaces agraires.

Volume. — Le **mètre cube** (m^3) : volume contenu dans un cube de 1 mètre de côté.

Le litre (*l*) et ses multiples et sous-multiples sont les mesures de capacité usuelles pour les liquides, céréales et matières pulvérulentes.

Le stère (*st*) et le décistère (*dst*) s'emploient pour le mesurage du bois.

Angle. — **L'angle droit** (D) : angle formé par deux droites se coupant sous des angles adjacents égaux.

Le grade (*gr.*), ou 1/100 D, et le degré (*d* ou °, ou 1/90 D, peuvent être employés indifféremment.

(*B*) : *à titre transitoire.*

Longueur. — Le **mille marin** : longueur moyenne de la minute sexagésimale de latitude terrestre. Le mille marin vaut 1.852 mètres et s'emploie dans la mesure des longueurs marines.

§ II. — Unités de masse.

Masse. — La **tonne** (*t*) : la tonne vaut 1.000 kilogrammes et le kilogramme est la masse du prototype international en platine irridié sanctionné à la Conférence des poids et mesures de 1889 et déposé au Pavillon de Breteuil à Sèvres.

La masse de cet étalon excède d'environ 27 milligrammes la masse du décimètre cube d'eau prise à son maximum de densité.

La tonne est une des unités fondamentales du système M. T. S.

Le carat, qui vaut 2 décigrammes, s'emploie dans le commerce des pierres précieuses.

Densité. — **Degré densimétrique** : la densité des corps s'exprime en nombres décimaux, celle du corps qui a la masse de 1 tonne sous le volume de 1 mètre cube étant prise pour unité.

L'emploi des anciens degrés Baumé sera interdit à partir de l'entrée en vigueur de la nouvelle loi. Le *Journal officiel* du 5 août 1919 donne les densités, ou degrés densimétriques, correspondant aux degrés Baumé pour les liquides plus lourds et moins lourds que l'eau.

Degré alcoométrique centésimal : le nombre de degrés alcoométriques d'un mélange d'alcool et d'eau pure à la température de 15° correspond au titre volumétrique suivant l'échelle de Gay-Lussac.

§ III. — Unités de temps.

Temps. — La **seconde** (*s*) vaut 1/86.400^e du jour solaire moyen.

La seconde est l'une des bases du système M. T. S.

§ IV. — Unités mécaniques.

(*A*) : *à titre définitif.*

Force. — Le **sthène** (*sn*) : force qui en 1 seconde communique à une masse de 1 tonne une accélération de 1 mètre par seconde.

Le sthène vaut 10^8 dynes (unités C. G. S.).

Energie ou travail. — Le **kilojoule** (*kj*) : travail produit par une force de un sthène déplaçant son point d'application de 1 mètre dans sa direction.

Le kilojoule vaut 10^{10} ergs (unités C. G. S.).

Puissance. — Le **kilowatt** (*kw*) : puissance qui produit un kilojoule par seconde.

Le kilowatt vaut 10^{10} unités C. G. S. de puissance.

Pression. — La **pièze** (*pz*) : pression uniforme qui, répartie sur une surface de 1 mètre carré, produit un effort de un sthène.

La pièze vaut 10^4 baryes (unités C. G. S. de pression).

(*B*) : *à titre transitoire.*

Force. — Le **kilogramme-poids** ou **kilogramme-force** : Force avec laquelle une masse de 1 kilogramme est attirée par la terre.

Pratiquement, à moins de 1/1.000^e près, dans l'étendue de la France continentale :

1 tonne-poids équivaut à 9,8 *sn*

1 kilogramme-poids équivaut à 0,98 *csn* (centisthène).

Energie ou travail. — Le **kilogrammètre** : travail produit par une force de 1 kilogramme déplaçant son point d'application de 1 mètre dans sa direction.

Pratiquement, un kilogrammètre équivaut à 9,8 joules.

Puissance. — Le **poncelet** : puissance correspondant à $100 \frac{\text{kilogrammètres}}{\text{seconde}}$

le **cheval-vapeur** : puissance correspondant à $75 \frac{\text{kilogrammètres}}{\text{seconde}}$

Pratiquement un poncelet équivaut à 0,98 *kw* et un cheval-vapeur équivaut à 0,735 *kw*

Pression. — Le **kilogramme-poids par unité de surface** : pression uniforme qui, répartie sur la surface prise comme unité, produit un effort de 1 kilogramme-poids.

Pratiquement : 1 kilogramme-poids par cm^2 équivaut à 0,98 hpz (hecto-pièze) et 1 kilogramme-poids par dm^2 équivaut à 0,98 pz.

Remarque : La pression atmosphérique normale correspond à 1,013 hectopièze, ou à 1,033 kilogramme-poids /cm².

§ V. — Unités électriques.

Résistance électrique. — L'**ohm** (o), vaut 10^7 unités de résistance du système électro-magnétique M. T. S et 10^9 unités électro-magnétiques C. G. S.

L'ohm international est la résistance offerte à un courant invariable par une colonne de mercure de section uniforme prise à la température de 0°, ayant une longueur de 106,300 cm., et une masse de 14,4521 gr.

Intensité. — L'**ampère** (A) vaut 10^{-5} unités électro-magnétiques M. T. S. et 10^{-1} unités électro-magnétiques C. G. S.

L'ampère international est l'intensité du courant uniforme qui dépose, par seconde, 0,001.118.00 gr. d'argent, par électrolyse d'une solution aqueuse de nitrate d'argent.

Force électro-motrice ou différence de potentiel ou tension. — Le **volt** (v) : le volt vaut 10^2 unités électro-magnétiques M. T. S. et 10^3 unités électro-magnétiques C. G. S.

C'est la d. d. p. existant entre les extrémités d'un conducteur de résistance égale à 1 ohm parcouru par un courant invariable de 1 ampère.

Le volt international est égal à 1 /1,0183 de la force électromotrice de l'élément au sulfate de cadmium à la température de 20°.

Quantité d'électricité. — Le **coulomb**, (C), est la quantité d'électricité transportée pendant une seconde par un courant invariable de 1 ampère.

Le coulomb vaut 10^{-5} unités électro-magnétiques M. T. S. et 10^{-1} unités électro-magnétiques C. G. S.

Il est représenté pratiquement par la quantité d'électricité qui correspond au dépôt électrolytique de 0,001.118 gr. d'argent.

§ VI. — Unités calorifiques.

Température. — Le **degré centésimal** (°) : c'est la variation de température qui produit la centième partie de l'accroissement de pression que subit une masse d'hydrogène quand, le volume restant constant, la température passe de 0° (glace fondante) à 100° (vapeur d'eau distillée en ébullition sous la pression atmosphérique normale).

Quantité de chaleur. — La **thermie** (th) : quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1° la température d'une masse de une tonne d'un corps dont la chaleur spécifique est égale à celle de l'eau à 15° sous la pression de 1,013 hectopièze.

1 millithermie (mth) équivaut à 1 grande calorie ;

1 microthermie (Mth) équivaut à 1 petite calorie ; la frigorie (fg) équivaut 1 millithermie et s'emploie dans les industries frigorifiques.

§ VII. — Unités optiques.

Intensité lumineuse. — La **bougie décimale** (bd): source d'intensité égale à 1 /20e de celle de l'étalon Violle.

Flux lumineux. — Le **lumen** (lu) : flux lumineux émané d'une source uniforme, de dimensions infiniment petites, et d'intensité égale à une bougie décimale, et rayonné en une seconde dans l'angle solide qui découpe une aire égale à 1 m² sur la sphère de 1 m de rayon qui a pour centre la source.

Eclairement. — Le **lux** (lx) : éclairement d'une surface de 1 m² recevant un flux de 1 lumen uniformément réparti.

10.000 lx = 1 phot.

Puissance des verres d'optique. — La **dioptrie** (d) : puissance d'un système optique dont la distance focale est de 1 mètre.

***

L'origine du travail de refonte de la législation des poids et mesures remonte à l'année 1912. Le Ministre du Commerce et de l'Industrie demanda à cette époque aux principaux groupements industriels et commerciaux s'ils jugeaient désirable et opportun de choisir de nouvelles unités légales, mieux en rapport avec les transactions actuelles. Les réponses à ce véritable référendum furent pour la plupart favorables à un remaniement du système d'unités ; les Chambres de Commerce en particulier envoyèrent 108 « oui » contre 10 « non ».

Une Commission spéciale des poids et mesures fut alors instituée en vue de préparer la nouvelle législation ; les conclusions qu'elle a déposées après une étude très approfondie de la question, ont été ratifiées par les votes de la Chambre et du Sénat (1).

Les membres de la Commission durent, avant toute autre chose, préciser le principe même du système d'unités qui serait proposé comme système légal ; ils avaient à choisir entre deux modalités différentes : le système dit des « mécaniciens », comportant comme unités fondamentales les unités de longueur, de *force* et de temps (soit le mètre,

1. Nous n'insistons pas sur l'amendement proposé par M. le sénateur Delahaye, amendement dont la portée était bien plutôt du domaine de la politique que de celui de la science.

le kilogramme-poids et la seconde) et le système dit des « physiciens », basé sur les unités de longueur, de *masse* et de temps.

Au *système des mécaniciens* se rattachent le kilogrammètre, le cheval-vapeur, le kilogramme par centimètre carré..., qui sont pratiquement des unités courantes, très répandues dans les mesures industrielles; par suite, ce système méritait d'être pris en sérieuse considération. Mais il présente, à cause de la nature même des unités fondamentales adoptées, un très grave inconvénient : l'unité de force qui est l'une des bases du système, est le *poids* de la masse d'un kilogramme, elle est par suite fonction de l'accélération de la pesanteur, *g*, au lieu de la mesure et varie avec la latitude, l'altitude, les conditions locales, en particulier, la répartition des masses terrestres. Il y a donc une infinité d'unités de force et par suite d'unités de travail, d'unités de puissance... sur l'ensemble de la terre. L'écart extrême des valeurs du poids d'un corps d'un lieu à un autre peut atteindre le 1/200e de ce poids; c'est là une variation qui n'est nullement négligeable, même pour des mesures commerciales ne visant pas à la précision de mesures scientifiques (1).

Aussi la Commission a-t-elle rejeté ce système d'unités et tous ceux basés sur des unités fondamentales de même nature; le système des « mécaniciens » n'est conservé qu'à titre temporaire et eu égard à son usage extrêmement répandu.

L'unité de masse a donc été inscrite par principe à côté des unités de longueur et de temps comme unité fondamentale du système proposé. Ce choix étant fait, il restait à déterminer l'ordre de grandeur des unités fondamentales qu'il paraissait convenable d'adopter. Nous inspirant des discussions contenues dans les rapports officiels, nous passerons rapidement en revue les divers systèmes que la Commission a eu à étudier et à comparer : systèmes C. G S., D. K. S., M. K. S. et M. T. S.

Système C. G. S. (centimètre, gramme-masse, seconde) : c'est le système universellement adopté par les physiciens. Ses unités fondamentales sont beaucoup trop petites pour les mesures commerciales et industrielles. C'est un système cohérent, le gramme étant, à très peu de chose près, la masse du centimètre cube d'eau.

Système D. K. S. (décimètre, kilogramme-masse, seconde. — C'est aussi un système cohérent, mais l'unité de longueur est encore trop petite, ainsi que les unités de pression $\left(\text{environ } \frac{1 \text{ kgr.}}{\text{m}^2}\right)$ de force (environ 1 décagramme-poids), de puissance (le centiwatt).

Système M. K. S. (mètre, kilogramme-masse, seconde). — Ce n'est plus un système cohérent. En outre dans ce système la masse spécifique de l'eau est représentée par le nombre 1.000, ce qui bouleverse bien des habitudes et l'unité de pression est trop petite pour des mesures industrielles. L'unité de travail est le joule, l'unité de puissance le watt, toutes deux sont d'un ordre de grandeur suffisant à la rigueur. Mais les unités électriques pratiques : ampère, volt, ne peuvent s'exprimer rationnellement en fonction des unités électromagnétiques du système M. K. S.

On a en effet

1 amp. = 10^{-1} él. m. C. G. S. = $10^{-7/2}$ él. m. M. K. S. = $10^{-4}\sqrt{10}$ M. K. S.

1 volt = 10^{8} él. m. C. G. S. = $10^{3}\sqrt{10}$ él. m. M. K. S.

En définitive, le système M. K. S. a été rejeté comme les précédents et le système M. T. S., qui ne présente aucun des inconvénients signalés, a été définitivement proposé et adopté.

Système M. T. S. (mètre, tonne-masse, seconde). — Ce système semble ne présenter que des avantages : il est cohérent; il ne bouleverse pas considérablement les habitudes commerciales, la tonne étant déjà d'un emploi courant dans bon nombre de transactions, les grandes bascules étant déjà graduées en tonnes; les unités de travail et de puissance, le kilojoule et le kilowatt, sont bien adaptées aux besoins de l'industrie; le mètre et la tonne étant respectivement des puissances paires de 10 du centimètre et du gramme, les unités électriques pratiques s'expriment rationnellement en fonction des unités électrostatiques et électromagnétiques M. T. S.

Toutefois, l'unité de pression, la pièze, paraît un peu petite, une pression de $\frac{1 \text{ kg.-poids}}{\text{cm}^2}$ étant voisine de l'hectopièze.

On peut objecter, en outre, qu'on possède bien le kilogramme-étalon, mais qu'il sera difficile de réaliser un étalon d'une tonne, avec les garanties d'exactitude nécessaires. Cette objection tombe d'elle-même si on évite la confusion, trop facile malheureusement, entre une unité et l'étalon correspondant. Ainsi que l'a fait observer M. Violle devant l'Académie des Sciences : « L'unité est une quantité choisie pour servir de terme de compa-

1. Sur proposition de M. Lallemand, il est indiqué que dans toute l'étendue de la France continentale, on peut prendre pour *g* la valeur constante 9, 8 m. toutes les fois que la précision recherchée ne dépasse pas le $\frac{1}{1000}$.

raison à des quantités de même espèce, tandis que l'étalon est la représentation matérielle de l'unité *ou d'un multiple décimal de l'unité*.... Le fait que le kilogramme est l'étalon de masse n'implique pas qu'il en soit l'unité ».

Les étalons *nationaux* qui représentent les unités fondamentales ou leurs sous-multiples sont conservés au Conservatoire national des Arts et Métiers.

Il est permis d'entrevoir que le système M. T. S. rendra bien tous les services que l'on en attend; on peut espérer que son emploi se généralisera peu à peu dans les transactions *internationales*: ainsi seront sanctionnées les qualités essentiellement pratiques qui le caractérisent.

Mg. J. RIVIÈRE,
Agrégée des Sciences Physiques,
Ancienne élève de l'Ecole Normale supérieure.

La question des dynamos homopolaires.

La demande d'un lecteur a soulevé cette question (1). *Nous donnons ci-dessous une nouvelle réponse reçue sur ce sujet qui a déjà fait couler beaucoup d'encre et reste un champ d'études ouvert aux chercheurs.*

Si les dynamos homopolaires à courant continu ne sont pas plus utilisées, c'est qu'il n'est pas possible, avec ce genre de machines, d'obtenir de hauts voltages, car on ne peut faire agir le flux magnétique du champ inducteur que sur un seul conducteur. Toutes les fois que l'on essaie de disposer, sur l'induit, des enroulements, comme ceux des dynamos à courant continu à collecteur, on n'obtient, suivant les dispositions employées, aucune force électromotrice (si les conducteurs sont en nombre pair) ou on recueille du courant alternatif.

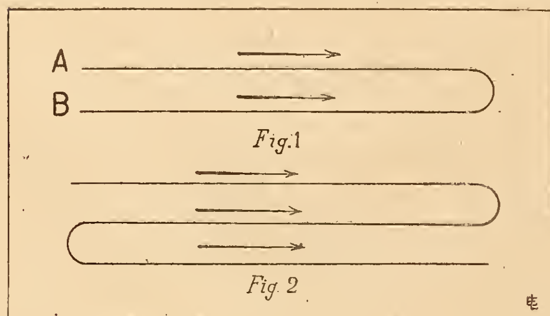


Fig. 1
Fig. 2

La recherche d'une dynamo homopolaire à haut voltage, étant donnés les avantages qui en résulteraient, par suite de l'absence du collecteur, a tenté bien des inventeurs, ainsi que l'atteste le nombre de brevets pris sur ces machines; mais inévitablement le courant, induit dans les conducteurs, est toujours de même sens, et par suite le courant dans le fil de retour B étant égal à celui produit dans le premier conducteur A (fig. 1) s'oppose à la circulation du courant produit par le conducteur A et la force électromotrice résultante est nulle.

Avec un nombre de conducteurs impair (fig. 2), on obtient une force électromotrice correspondante à celle d'un conducteur.

Si on considère la formule donnant la force électromotrice :

$$E = v N l B = \pi D n N l B.$$

où :

E = force électromotrice.
N = nombre total de conducteurs.
n = nombre de tours de l'induit.
v = vitesse = $\pi D n$.
D = diamètre de l'induit.
Φ = flux total magnétique = $\pi D l B$.
l = longueur de l'induit ou des conducteurs.
B = induction magnétique ou flux magnétique par unité de surface.

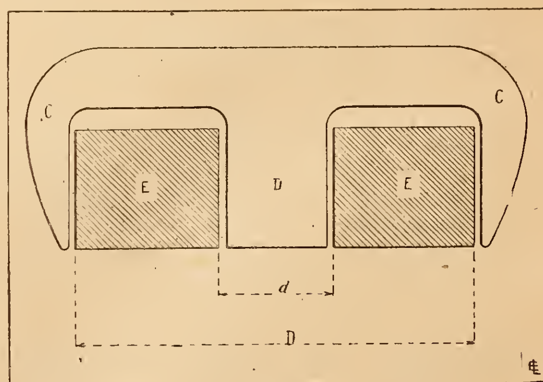


Fig. 3.

On voit que, pour obtenir une force électromotrice, le flux magnétique agissant successivement sur les conducteurs A et B pour produire des forces

(1) Voir *Electricien* des 31 décembre et 1er février : Tribune des abonnés ». n° 52.

électromotrices inverses, il faudrait pouvoir déterminer une force électromotrice plus grande sur l'un des conducteurs (par exemple A) que sur l'autre B. On aurait alors, comme force électromotrice finale, la différence entre celles produites sur A et sur B.

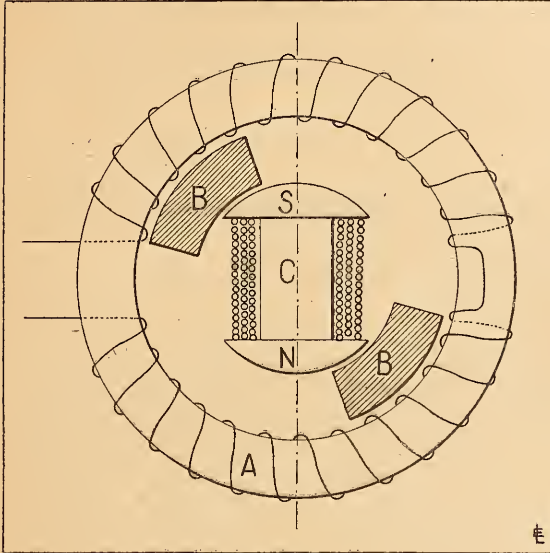


Fig. 4.

On pourrait, par exemple, faire N > N′. C'est le cas de la figure 2. Mais on ne peut ainsi avoir, comme différence entre N et N′, qu'un conducteur au maximum; il est donc inutile de recourir à un enroulement qui ne ferait qu'augmenter la résistance du circuit conducteur.

On pourrait aussi placer les conducteurs A à la périphérie d'un induit en anneau de grand diamètre D (fig. 3), les conducteurs B étant à l'intérieur de cet anneau. Soit d le diamètre correspondant, aussi petit que possible, pour augmenter la différence $D - d$. En ce cas, on aurait :

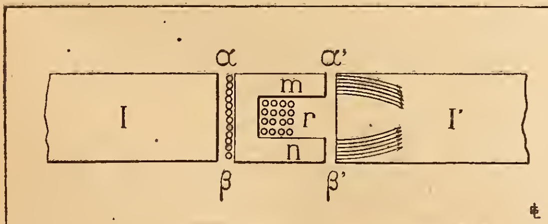


Fig. 5.

Pour l'enroulement extérieur $E = \pi D n N l B$.
Pour l'enroulement intérieur $E' = \pi d n N l B'$.
Différence $E - E' = D B - d B'$.

Nous remarquons que, dans ce cas, B n'est pas le même en c et en D. Le flux total $\Phi = \pi D l B$, en C il est le même qu'en D où il est égal à $\pi d l B'$. Il en résulte que $D B = d B'$, et que $E - E' = 0$.

Si, au lieu de faire varier D, on donnait aux conducteurs intérieurs et extérieurs des longueurs l et l' différentes, nous arriverions à la même conclusion.

D'autres inventeurs ont essayé de donner à B des valeurs contraires, c'est-à-dire ont fait agir sur certains conducteurs un flux magnétique Nord, et sur les conducteurs de sens contraire (ou pairs et impairs) un flux Sud (comme dans le dispositif ci-contre, fig. 4). On obtient alors des courants alternatifs ou bien on retombe dans les dynamos ordinaires, en redressant les courants par intermédiaire d'un collecteur à lames.

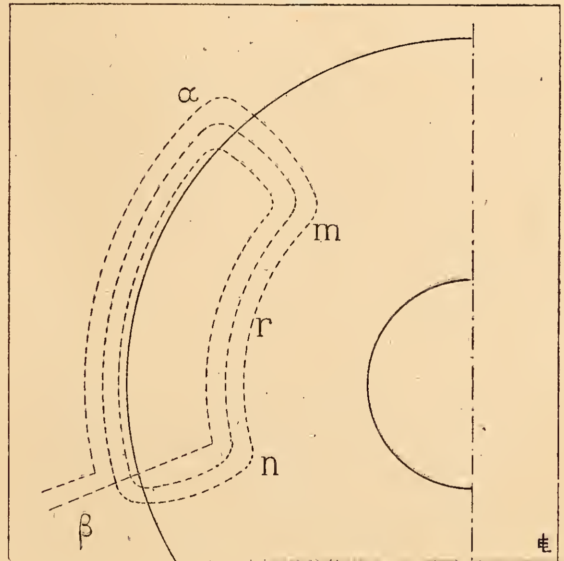


Fig. 6.

Examinons maintenant le dispositif proposé dans la note, en supposant, pour plus de commodité l'inducteur fixe et l'inducteur mobile (fig. 5).

La figure n'indiquant pas le sens de déplacement de l'induit, nous supposerons :

1° Qu'il se déplace dans le plan de la figure.

2° Qu'il se déplace dans un plan perpendiculaire à la figure.

1er *Cas.* — *Au repos* les lignes de force allant de I en I′ passent bien en m et n, évitant les conducteurs en r et ne passant que dans les conducteurs en α β; mais si l'induit est mis en mouvement, les lignes de force vont sauter de α′ en β′, absolument comme dans les induits dentés des dynamos

à courant continu ordinaires, en coupant les conducteurs en r, et le nombre de lignes de force, coupant les conducteurs r sera le même que celui coupant l'enroulement en α β. Les conducteurs étant également en même nombre en r et en $\alpha \beta$, la force électromotrice résultante sera nulle.

2e *Cas.* — Comme les saillies m et n formeront alors des cercles continus, les lignes de force allant de I en I' passeront toujours par ces cercles m et n, et ne couperont plus les conducteurs en α β et en r, mais couperont les conducteurs de jonction en αm Bn reliant les conducteurs extérieurs aux conducteurs intérieurs, et traversant forcément l'anneau de fer α m n β, et les lignes de force α' m I, β' n I couperont ces conducteurs de jonction en K et K'. Nous trouvons encore un même nombre de conducteurs K et K' coupés par un même nombre de lignes de force, avec production de forces électromotrices égales et de sens contraire, d'où différence de potentiel nulle.

V. NEVEUX.

SOINS A DONNER AUX ACCUMULATEURS TRANSPORTABLES

Les accumulateurs transportables sont, pour la plupart, du type Faure et à liquide immobilisé.

Ils doivent être placés seuls en un endroit où rien ne puisse venir en contact avec eux, surtout les objets métalliques. Les éléments doivent être séparés les uns des autres par des baguettes en matière isolante, tels que : verre, gutta, ébonite, fibre, etc., que l'on intercale entre les bacs. Le bois est à rejeter pour cet usage, car il peut s'imprégner des vapeurs acides et perdre de son pouvoir isolant.

Il faut veiller de temps à autre au plus grand état de propreté des bacs en épongeant avec des chiffons, par exemple, les projections de liquide qui auraient pu se produire par les orifices ménagés sur les bouchons en caoutchouc. En effet, ces projections, en outre qu'elles ont l'inconvénient de diminuer l'isolement des accumulateurs entre eux, contribuent à l'oxydation des diverses connexions, vis, écrous, etc. On peut, du reste, remédier à l'oxydation en passant une légère couche d'huile sur la surface des parties métalliques à préserver.

En ce qui concerne la charge et la décharge, il faut se conformer exactement aux prescriptions fournies par le constructeur.

A défaut de celles-ci, nous allons donner quelques indications.

Charge. — Le régime de charge admis en général est de 1 ampère par kilo de plomb. Ainsi, si un élément pèse 3 kilos, par exemple, le régime de charge sera donc de 3 ampères.

Il ne faut retirer un élément du circuit de charge que lorsque l'électrolyse bouillonne fortement : à ce moment-là le voltmètre accuse 2,5 volts.

De temps en temps on pourra même procéder à une légère surcharge, c'est-à-dire qu'à fin de charge, au lieu de retirer l'élément du circuit, on le laissera encore bouillonner un quart d'heure à vingt minutes environ.

Décharge. — On admet un régime de décharge de 1,5 ampère par kilo de plomb. Ainsi, dans l'exemple précédent, on pourrait demander à l'accumulateur un courant de $3 \times 1,5 = 4,5$ ampères. Il ne faudrait, sous aucun prétexte, dépasser ce débit. De plus : « on arrêtera toujours la décharge lorsque le voltage de l'élément sera tombé à 1,8 volt », soit pour le voltage total de la batterie : $E = 1,8 \times n$ éléments.

Electrolyte. — L'électrolyte doit baigner les plaques entièrement et les submerger d'un centimètre au moins. Si, par suite de l'évaporation, les plaques n'étaient plus complètement recouvertes, on y remédierait en versant sur le liquide immobilisé ou non, de l'eau distillée, ou, à défaut, de l'eau de pluie, mais pas d'acide sulfurique. Faute d'observer ce que nous venons de dire, la batterie se sulfate et se désagrège à la longue. En effet, la capacité diminue, les plaques se gondolent, la matière active se détache et tombe entre les plaques, occasionnant ainsi des court-circuits internes.

Désulfatage. — Un accumulateur sulfaté est en général bien malade. Si toutefois la couche de sulfate est peu accentuée, on peut la faire disparaître en traitant l'accumulateur par un « bain d'hydrogène ». Pour ce faire, on retire de l'élément le liquide immobilisé pour le remplacer par de l'eau distillée, acidulée seulement à 3° Baumé. On procède ensuite à la charge, mais à demi-régime.

L'élément sera long à bouillir : dès l'apparition des bulles, on coupera le courant et on laissera reposer une heure. On remettra ensuite en charge, et de nouveau repos d'une heure et ainsi de suite jusqu'à ce que l'accumulateur bouille dès la remise du courant. A ce moment-là, l'élément devra être désulfaté. Il ne restera plus qu'à vider le liquide et à le remplacer par une autre solution d'eau distillée, acidulée à 24° ou 26° Baumé. Il est évident qu'après ce traitement, l'accumulateur n'est plus à liquide immobilisé. L'inconvénient n'est pas très grand, car il suffit du reste de verser une couche d'huile sur le liquide pour éviter les projections d'eau acidulée.

Batterie au repos. — Dans le cas où une batterie (à liquide libre) devrait rester au repos durant un laps de temps assez long, on charge la batterie à fond, puis on vide l'électrolyte que l'on remplace tout simplement par de l'eau distillée, la batterie peut se conserver ainsi très longtemps.

Pour la remise en service, il suffit d'enlever l'eau distillée et de la remplacer par de l'eau acidulée à 24° Baumé environ, et de procéder à une nouvelle charge.

Jean LAJUGIE,
Ingénieur-électricien.

Chronique == Informations.

++++++++++

ELECTRO-AIMANTS DE LEVAGE

++++

La substitution des électro-aimants aux grues ordinaires à crochets a donné les meilleurs résultats tant au point de vue de la simplicité et de la rapidité de manœuvre, qu'au point de vue économie.

Leur emploi est tout indiqué pour le levage des pièces laminées et forgées, des barres, des pièces de fonte, des rouleaux de fil de fer, et de tous les matériaux doués de propriétés magnétiques. Ce système convient tout particulièrement aux pièces très longues ou très petites ou à haute température.

Pour donner une idée des résultats faisons, remarquer qu'un aimant avec un seul homme de service a soulevé 900 tonnes de fonte par jour; il peut faire une charge et même deux à la minute.

La section des aimants est généralement circulaire (fig. 1); quelques-uns sont elliptiques. Une

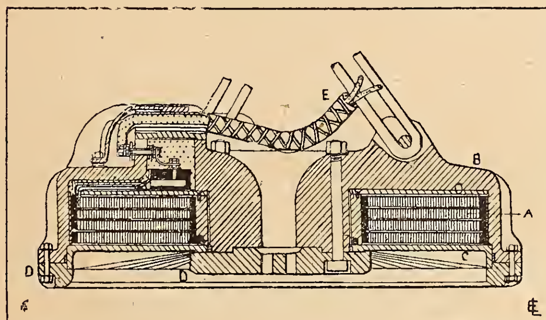


Fig. 1.

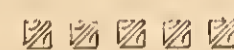
culasse B contient dans une cavité annulaire les enroulements A, supportés par une paroi non magnétique C. Les épanouissements polaires D, avec lesquels est en contact le matériel chargé, se détériorant plus facilement sont démontables. La force attractive dépend du nombre de tours de l'enroulement et de l'intensité de courant qui y passe. Le fil à section rectangulaire peut être isolé avec du coton, mais on lui préfère le ruban d'amiante qui est incombustible (les aimants pouvant avoir à lever des matériaux à haute température ou même s'échauffer au passage de forts courants). Les couches de fils sont séparées entre elles et des enveloppes d'acier qui les contiennent par des lames en mica ; elles sont solidement maintenues à postes et soutenues intérieurement par une paroi en métal non magnétique (bronze ou acier au manganèse); la dissipation de la chaleur est favorisée par l'augmentation de la superficie de refroidissement.

L'enroulement est connecté à un rhéostat de réglage. On adopte toujours du courant continu, à tension inférieure à 220 volts ; de plus hautes tensions rendraient difficile l'isolement surtout par suite des surtensions dues à l'ouverture du circuit. Pour absorber l'énergie produite dans ce cas, même à 220 v., il faut recourir à l'insertion automatique de résistances qui s'enlèvent avant la fermeture du circuit.

On évite l'humidité qui pourrait produire des court-circuits désastreux en vernissant et en fermant tous les joints et les boîtes qui contiennent le fil; dans ces boîtes, après extraction de l'air, on injecte une substance isolante bouillate. Ces appareils travaillent souvent sous les intempéries, certains même servent à retirer le matériel des navires naufragés. Le circuit magnétique peut être alimenté par le même réseau qui alimente la grue si celle-ci est électrique. Dans le type Appleby, dans lequel le mouvement de la grue est commandé par la vapeur, on emploie un petit groupe générateur pour la production du courant d'excitation.

Les dimensions et les portées des électro-aimants varient avec la nature de la charge et l'aire de contact magnétique. Dans le cas de menu matériel, il faut des aimants spé ciaux; pour les charges volumineuses il n'est pas utile de faire varier les ampères-tours pour faire varier la portée. Comme exemple citons le système Phœnix circulaire avec 9 types dont le plus petit a $0^m,60$ de diamètre, la plus grand $1^m,55$. Le premier dépense 1,1 kw, pèse 254 kgs et peut porter 5 tonnes de lingots d'acier, mais seulement de 2,5 à 5 tonnes de barres, ou de rails... Pour du menu matériel la superficie de contact n'est pas convenablement utilisée et il faut au moins le type de $0^m,75$. Le type de $1^m,55$ dépense 12,6 kw et porte 40 tonnes de lingots, et de 10 à 20 tonnes de barres ou de rails, de 760 à 1.500 kgs de menu matériel. Ceci montre la nécessité d'adapter le type d'aimant au travail à effectuer.

(*The Times Eng. Supp.*) M. G.



LA CONDUCTIVITÉ DE L'EAU DE MER

++++

Van der Pol a fait récemment quelques mesures sur la conductivité de l'eau de mer pour courants de haute fréquence et en a retiré des résultats d'un certain intérêt pour la radiotélégraphie (*Philos. Magazine*, juillet 1918).

Etant donné le conductivité relative à courant à basse fréquence σ_∞ (longueur d'onde infinie), si σx est celle pour une longueur d'onde de x mètres, on a trouvé :

$$\sigma\,3100 = 1{,}001\;\sigma_\infty$$
$$\sigma\,1870 = 0{,}999\;\sigma_\infty$$
$$\sigma\,1070 = 1{,}002\;\sigma_\infty$$
$$\sigma\;\;600 = 1{,}003\;\sigma_\infty$$
$$\sigma\;\;275 = 1{,}005\;\sigma_\infty$$

Pour les fréquences employées en radiotélégraphie on peut donc admettre que la conductivité de l'eau de mer est égale à celle pour courant continu, avec une approximation de 0,5 %, soit environ 0,0377 mho par cm², correspondant à une résistance spécifique d'environ 26,5 ohms par cm³. Une telle conductivité varie sensiblement avec la température.

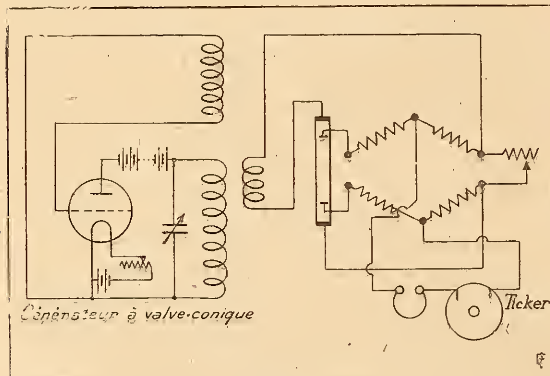


Fig. 1.

Des mesures analogues ont été faites par Rivers-Moore (*The El.*, 7 février 1919) en se servant du dispositif de la figure 1 ; l'appareil est un double pont de Kelvin où le générateur est représenté par une valve ionique à trois électrodes et le galvanomètre par un téléphone. L'eau à expérimenter est introduite dans un tube de verre muni à chaque extrémité de 2 électrodes *a* et *b* (fig. 2) de cuivre isolées entre elles au moyen d'un tube de caoutchouc *c*. Le silence au téléphone était obtenu en variant opportunément la résistance réglable. Pour révéler les ondes entretenues engendrées par la valve, on fit usage d'une autre valve ionique et d'un ticker. Il fallut ensuite ajouter une haute résistance pour éliminer les erreurs dans les mesures causées par la naissance d'oscillations du redres-

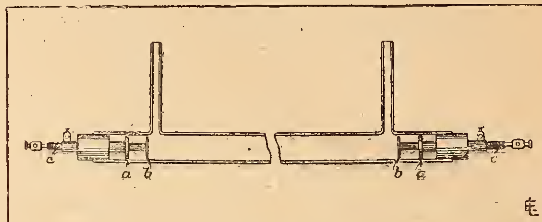


Fig. 2.

seur amplificateur à valve. En faisant varier la fréquence entre 30 et ∞ et la densité du courant entre 0,01 et 15 mA par cm², on obtient une résistance spécifique compreise entre 26 et 27 ohms. Ces résultats se rapportent à l'eau de mer prise dans le voisinage de l'embouchure d'un fleuve.

L'auteur donne aussi des tables et des diagrammes relatifs aux mesures faites sur l'eau de mer prise au large ; on peut déduire de ces tables que la résistnace spécifique de cette eau, toujours pour des petits courants et des fréquences comprises entre les limites ci-dessus, varie entre 24 et 25 Ω.

Les effets de polarisation sont négligeables pour les fréquences radiotélégraphiques, mais sont assez sensibles pour les basses fréquences.

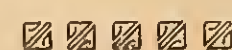
M. G.

++

LA PLUS LONGUE PORTÉE DE LIGNE de transmission d'énergie.

++++

La plus longue portée semble être celle que l'on vient d'installer sur les côtes occidentales de la Norvège pour le compte de la Electric Power C°. La portée en question doit permettre le passage de la ligne à travers un fjord (Hoegsfjord). Les trois fils de ligne sont soutenus de chaque côté du fjord par trois pylônes hauts de 7 mètres. La portée libre totale est de 1384 mètres avec une flèche de 80 mètres et une hauteur minimum du-dessus de l'eau de 40 mètres. Le conducteur est constitué par un câble ordinaire en acier. La tension maximum des câbles, quand il n'y a pas de vent, est d'environ 4 tonnes et doit être du double environ par vent violent.



L'Union des syndicats professionnels d'ingénieurs français (U. S. I. F.)

Il existe actuellement un certain nombre de groupements de techniciens de l'industrie régulièrement constitués en syndicats professionnels suivant le régime de la loi du 21 mars 1884. Ces syndicats ont créé des unions qui sont au nombre de deux : L'Union des syndicats professionnels d'ingénieurs français (U. S. I. F.) et l'Union syndicale des techniciens de l'industrie, du commerce et de l'agriculture (U. S. T. I. C. A.)

Afin d'éviter toute confusion aussi bien sur les affiliations que sur l'orientation de ces groupements, l'Union des syndicats professionnels d'ingénieurs français croit devoir faire les déclarations de principe suivantes :

1° L'Union des syndicats professionnels d'ingénieurs français est entièrement indépendante : les syndicats qu'elle groupe ne sont affiliés ou attachés, directement ou indirectement, à aucun groupement patronal (C. G. P.) ou ouvrier (C. G. T.)

2° L'Union des syndicats professionnels d'ingénieurs français ne réunit que des syndicats d'ingénieurs français qui, par leur instruction ou leur valeur professionnelle, font effectivement œuvre d'ingénieur dans la spécialité de leur groupement respectif.

3° L'Union des syndicats professionnels d'ingénieurs français a pour but de coordonner les efforts particuliers des syndicats qu'elle groupe en vue de la défense des intérêts communs à tous les ingénieurs sous le quadruple rapport : moral, matériel, technique et social et à ce dernier titre d'obtenir des pouvoirs publics l'accession des délégués d'ingénieurs aux grandes commissions officielles où se discutent et s'étudient les questions d'ordre général intéressant l'avenir du pays et où la technique doit être représentée.

4° L'Union des syndicats professionnels d'ingénieurs poursuit dès maintenant la constitution de la *Fédération des techniciens de l'industrie française* qui, suivant un principe logique, devra grouper les syndicats ou Union des syndicats à tendances professionnelles analogues, tels que les groupements d'ingénieurs, de dessinateurs, de contremaîtres, etc..., dont les éléments constituent les cadres intellectuels de cette branche d'activité sociale. Cette fédération aura un but analogue à celui de l'Union des syndicats, mais avec un champ d'action bien plus vaste.

5° L'Union des syndicats professionnels d'ingénieurs français entrevoit la création d'une *Confédération générale des intellectuels* réunissant les fédérations de professions intellectuelles de l'industrie, du commerce, de l'agriculture, des arts, et dont le but serait d'obtenir pour le travailleur intellectuel une participation effective aux destinées du pays au même titre que le capital et le travail.

RÉGLEMENTATION

des petits postes récepteurs de T. S. F.

Un décret ministériel du 27 février 1920 réglemente comme suit les postes destinés uniquement à recevoir les signaux horaires et télégrammes météorologiques qui sont désormais soumis au régime d'autorisation et à une taxe annuelle.

Sont fixées ainsi qu'il suit les conditions réglant l'établissement et l'usage, par des particuliers, des postes radioélectriques destinés uniquement à recevoir les signaux horaires et les télégrammes météorologiques :

Art. 1er. — Les demandes d'autorisation doivent être adressées au directeur des postes et des télégraphes du département dans lequel le poste sera installé.

Les pétitionnaires doivent indiquer l'endroit précis où fonctionnera le poste et fournir la description des appareils utilisés.

Ils ont à justifier, le cas échéant, de leur qualité de Français.

Art. 2. — L'autorisation est accordée :

1° Par le directeur des postes et des télégraphes intéressé, lorsque le pétitionnaire est de nationalité française ;

2° Par le sous-secrétaire d'Etat des postes et des télégraphes, à qui la demande aura été transmise par le directeur et avec son avis, si le pétitionnaire est sujet étranger.

L'autorisation est d'ailleurs subordonnée à l'avis des autorités militaires (général commandant le corps d'armée) dont dépend le point considéré lorsque le poste dont la concession est sollicitée est situé en un point distant de 50 kilomètres ou moins des frontières terrestres, et à l'avis des autorités maritimes (préfet maritime) dont dépend le point considéré lorsque le poste est situé en un point distant de 50 kilomètres ou moins des frontières maritimes.

Art. 3. — Les postes récepteurs visés à l'article 1er ne peuvent être utilisés que pour la réception des signaux horaires et des télégrammes météorologiques. Toute transmission de signaux est formellement interdite.

Art 4. — Le contenu des radiotélégrammes, autres que les télégrammes météorologiques, qui seraient éventuellement perçus par les postes récepteurs autorisés, ne doit être ni inscrit, ni divulgué à qui que ce soit, en dehors des fonctionnaires désignés par l'administration des postes et des télégraphes ou des officiers de police judiciaire compétents.

Il ne devra être fait aucun usage de ces télégrammes.

Art. 5. — L'administration des postes et des télégraphes se réserve d'exercer sur les postes récepteurs autorisés tel contrôle qui lui semblera convenable.

Art. 6. — L'État ne sera soumis à aucune responsabilité à raison de l'utilisation des postes récepteurs de T. S. F. dont la concession aura été accordée.

Art. 7. — Les concessionnaires sont tenus de notifier aux directeurs des postes et des télégraphes toute modification qu'ils se proposent d'apporter dans l'installation de leur poste.

L'administration des postes et des télégraphes peut, d'ailleurs, à toute époque et pour quelque cause que ce soit, suspendre ou révoquer les autorisations accordées sans qu'elle soit tenue de payer une indemnité quelconque ou de faire connaître les motifs de sa décision.

Ces autorisations ne comportent aucun privilège et ne peuvent faire obstacle à ce que des autorisations de même nature soient accordées ultérieurement à un pétitionnaire quelconque. Elles ne peuvent être transférées à des tiers sans le consentement exprès, et par écrit, de l'administration des postes et des télégraphes.

A la première réquisition de l'administration des postes et des télégraphes, tout concessionnaire devra immédiatement mettre son poste hors d'état de fonctionner.

Art. 8. — Le concessionnaire devra se soumettre à toutes les dispositions réglementaires ou fiscales résultant des lois, décrets ou règlements qui interviendraient ultérieurement en matière d'établissement ou d'usage des postes de télégraphie sans fil.

Art. 9. — Le concessionnaire devra acquitter un droit de statistique fixé à 5 francs par an et pour chaque poste récepteur autorisé. Cette redevance est due pour l'année entière.

Art. 10. — Les frais de timbre applicables aux actes relatifs, aux autorisations de postes horaires, sont à la charge du pétitionnaire.



Inventions. — Appareils et procédés nouveaux.

COMMUTATEURS A MAXIMUM

Les bras du commutateur 3,3[a] qui sont employés pour régler le courant dans deux circuits séparés (fig. 1) portent deux articulations 6,6[a] montées sur des pivots 5,5[a] et réunies à leurs extrémités par un pivot 7; elles sont en outre pourvues d'un arrêt 8.

Sur la figure, les bras occupent la position de repos Lorsqu'un bras a parcouru tout le secteur, les articulations

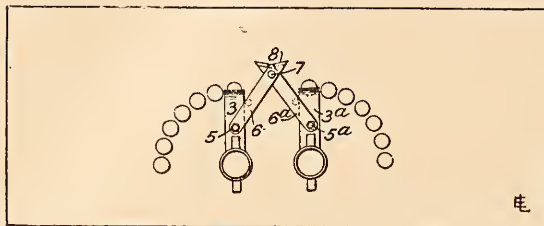


Fig. 1.

6,6[a] sont dans le prolongement l'une de l'autre; si, à ce moment, le second bras entre en action, le premier revient en arrière et les espaces qu'il parcourt correspondent aux avances du second, de sorte que l'on ne peut dépasser dans les circuits un certain courant maximum.

Les circuits contrôlés peuvent être ceux de projecteurs cinématographiques ou ceux d'un projecteur et des lampes du bâtiment. (Br. Angl. 133.924.) M. M.

LAMPES A DEUX FILAMENTS

Pour éviter que la lampe soit inutilisable après un certain temps de fonctionnement (le filament 1/2 watt se casse au moindre choc après un certain nombre d'heures)

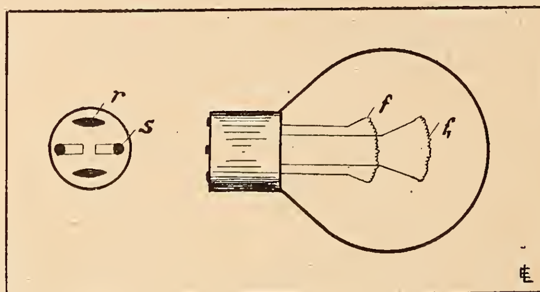


Fig. 2.

on propose de construire des lampes à deux filaments f et f_1, (fig. 2) aussi semblables que possible et capables d'être mis en service à tour de rôle.

Cette mise en service est effectuée à l'aide de prises s montées sur le culot de la lampe, qui peuvent être facilement connectées aux plots r. (Br. F. 497.037). P. M.

L'ÉCOLE DE L'ÉLECTRICIEN

Enseignement pratique de l'électricité industrielle.

Solutions des problèmes proposés aux lecteurs dans les n[os] des 15 janvier et 10 février 1920.

Afin de rendre ces problèmes intelligibles pour tous nos lecteurs, nous en donnons à nouveau les énoncés.

Problème **17.** — *Deux lampes à incandescence L_1 et L_2, fonctionnant chacune sous 110 volts, sont montées en série sur un réseau à 110 volts (fig. 20).*

La résistance de la lampe L_1 est de 352 ohms, la résistance de la lampe L_2 est de 623 ohms. Calculer :

1° Le courant dans le circuit des deux lampes : 2° le voltage aux bornes de chacune des lampes.

Solution.

Problème 17. — 1° Les deux lampes étant montées en série, la résistance totale R introduite dans le circuit à 110 volts est, d'après la relation (25) : $R = r_1 + r_2$, avec deux résistances seulement :

$$R = 352 + 623 = 975 \text{ ohms.}$$

L'intensité du courant dans le circuit est donc, d'après : $I = \frac{E}{R}$.

$$I = \frac{110}{975} = 0 \text{ ampère, } 113 \text{ environ.}$$

— 2° La formule dO'hm ci-dessus, écrite dans la forme $E = R I$ et appliquée à chacune des lampes, nous donne pour le voltage aux bornes de L :

$$352 \times 0{,}113 = 39 \text{ volts, } 7.$$

et pour le voltage aux bornes de L_2 :

$$623 \times 0{,}113 = 70 \text{ volts, } 3.$$

On voit que la somme de ces deux tensions donne bien la tension 110 volts du réseau.

Problème **18**. — *Un circuit, entre les extrémités duquel est appliquée une tension de 120 volts, comprend (fig. 21) : une résistance R de 180 ohms, une lampe à filament métallique L de résistance 300 ohms et un voltmètre qu'on peut retirer à volonté du circuit à l'aide d'un interrupteur ; ce voltmètre, d'une résistance de 600 ohms, sert à indiquer le voltage aux bornes de la lampe.*

On constate, chaque fois que le voltmètre est mis en circuit ou hors circuit, une variation d'éclat de la lampe. On demande :

1° La tension aux bornes de la lampe ;

2° La tension aux bornes de la lampe, tension relevée à l'aide du voltmètre ;

3° Les intensités des courants dans la lampe et dans le voltmètre dans ce dernier cas.

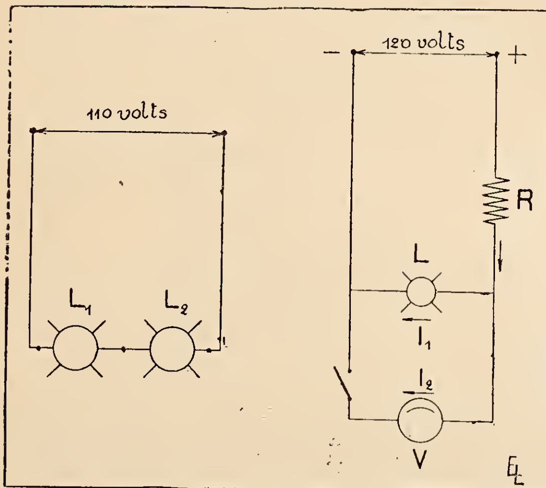


Fig. 20. Fig. 21.

Solution.

Problème 18. — 1° Lorsque le voltmètre n'est pas en circuit, on se trouve en présence de deux résistances montées en série : la résistance R = 180 ohms et celle de la lampe L, soit R′ = 300 ohms.

La résistance totale du circuit sera alors, comme nous savons :

$$R + R' = 180 + 300 = 480 \text{ ohms.}$$

L'intensité I du courant traversant ce circuit sera, dans ce cas, de

$$I = \frac{120}{480} = 0{,}25 \text{ ampère.}$$

Voyons la tension aux bornes de la lampe.

Il y a, dans la résistance R, une chute de tension que nous avons appris à évaluer, c'est R × I, avec R = 180 ohms et I = 0,25 ampère.

Cette chute est donc :

$$180 \times 0{,}25 = 45 \text{ volts.}$$

La tension aux bornes de la lampe n'est donc plus que de :

$$120 - 45 = 75 \text{ volts.}$$

— 2° Lorsqu'on évalue, à l'aide du voltmètre, la tension aux bornes de la lampe, on met la résistance du voltmètre, soit $r_1 = 600$ ohms, en parallèle avec celle de la lampe, soit $r_2 = 300$ ohms.

La valeur de ces deux résistances ainsi groupées est donnée, comme nous avons déjà vu, par :

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2},$$

c'est-à-dire : $$\frac{1}{r} = \frac{1}{600} + \frac{1}{300},$$

d'où $$r = 200 \text{ ohms.}$$

Cette dernière résistance se trouve alors en série avec la résistance R, donnant au total une résistance de :

$$180 + 200 = 380 \text{ ohms dans le circuit.}$$

Le courant dans ce circuit est alors de :

$$\frac{120}{380} = 0 \text{ ampère, } 31.$$

La valeur de la chute de tension dans la résistance R est, par suite, de :

$$180 \times 0{,}31 = 55 \text{ volts, } 8,$$

et la tension aux bornes de la lampe, tension indiquée par le voltmètre, s'abaissera à :

$$120 - 55{,}8 = 64 \text{ volts, } 2.$$

On voit que la mise en circuit du voltmètre entraîne une chute de tension supplémentaire de

$$75 - 64,\ 2 = 10 \text{ volts, } 8.$$

L'importance de cette chute de tension était à prévoir, vu la faible résistance du voltmètre choisie exprès.

On sait, d'ailleurs, que les lampes à filament métallique accusent très nettement les variations de voltage, ici très appréciables.

— 3° La loi d'ohm $I = \frac{U}{R}$ appliquée aux bornes de la lampe donne pour l'intensité I_1 dans cette dernière, puisque U = 64 volts, 2 aux bornes de la lampe et du voltmètre et que R = 300 ohms pour la lampe :

$$I_1 = \frac{64{,}2}{300} = 0{,}21 \text{ ampère à peu près.}$$

L'intensité I_2 du courant dans le voltmètre sera, avec R = 600 ohms, évidemment la moitié du courant dans la lampe, soit :

$$\frac{64{,}2}{600} = 0 \text{ ampère, } 105,$$

Problème **19.** — *On donne un circuit en quadrilatère A B C D. Les courants sont respectivement $I_1 = 32$ ampères dans AB, $I_2 = 10$ ampères dans BC, $I_3 = 12$ ampères dans CD et $I_4 = 18$ ampères dans DA.*

Les courants ont les sens indiqués par les flèches.

On demande la valeur du courant dans les artères Aa, *B*b, *C*c, *D*d *en pointillés et leur sens.*

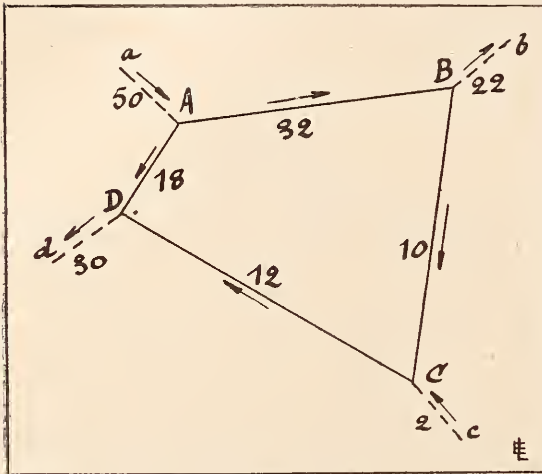


Fig. 35.

Solution.

Problème 19. — D'après ce que nous avons vu déjà plus haut, les valeurs des courants pour les différents tronçons seront ci-après :

Dans A*a* 18 + 32 = 50 ampères.
Dans B*b* 32 — 10 = 22 ampères.
Dans C*c* 12 — 10 = 2 ampères.
Dans D*d* 12 + 18 = 30 ampères.

Les sens des courants dans les tronçons sont indiqués par des flèches correspondantes.

Problème **20.** — *Dans l'exercice précédent, sachant que les côtés du quadrilatère A B C D ont pour longueur et pour sections respectivement :*

pour AB 300 *mètres et* 100 *millimètres carrés.*
— *BC* 200 — *et* 50 — —
— *CD* 420 — *et* 60 — —
— *DA* 250 — *et S* — —

On demande de calculer la section S du côté DA.

Solution.

Problème 20. — Calculons les diverses résistances des côtés AB, BC, CD, DA du quadrilatère A B C D.

Nous appellerons, comme nous savons, ρ la résistivité du cuivre, on aura :

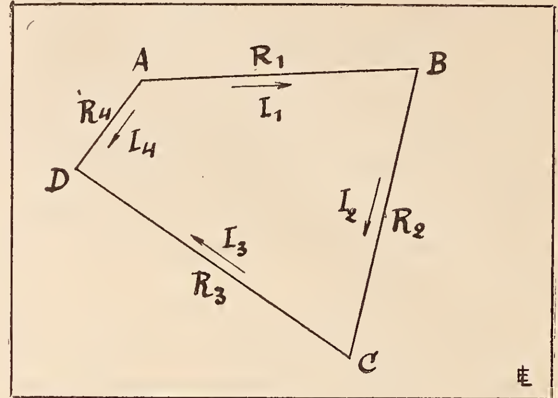


Fig. 32.

d'après les relations

$$R = \rho \times \frac{l}{S}$$

$$R_1 = \rho \times \frac{300}{100}$$

$$R_2 = \rho \times \frac{200}{50}$$

$$R_3 = \rho \times \frac{420}{60}$$

Pour la résistance R_4 du côté DA, nous ne connaissons pas la section S, mais nous savons qu'on peut écrire la valeur de la résistance de la façon suivante :

$$R_4 = \rho \times \frac{250}{S}$$

Nous avons ainsi l'ensemble des quatre résistances.

Ce qui précède peut se simplifier et on a :

$$R_1 = 3\,\rho$$
$$R_2 = 4\,\rho$$
$$R_3 = 7\,\rho$$

$$\text{et } R_4 = \rho \times \frac{250}{S}$$

D'autre part, on a, d'après les données du problème :

$I_1 = 32$ ampères
$I_2 = 10$ —
$I_3 = 12$ —
$I_4 = 18$ —

Nous avons maintenant à appliquer l'une des lois de Kirchhoff, la deuxième, donnant la somme

des produits RI, qui sont, d'après ce que nous venons de voir :

pour AB : $R_1 I_1 = 3\rho \times 32$
— BC : $R_2 I_2 = 4\rho \times 10$
— CD : $R_3 I_3 = 7\rho \times 12$
— DA $R_4 I_4 = \rho \times \frac{250}{S} \times 18$

Faisons la somme de ces produits conformément à la deuxième loi de Kirchhoff, on trouve :

$$3\rho \times 32 + 4\rho \times 10 + 7\rho \times 12 - \rho \frac{250}{S} \times 18 = 0$$

ou encore :

$$3 \times 32 + 4 \times 10 + 7 \times 12 - \frac{250}{S} \times 18 + 0$$

puisque la lettre ρ est dans tous les termes et qu'il suffit de diviser par ρ tous ces termes en supprimant cette lettre,

c'est-à-dire $220 - \frac{250}{S} \times 18 = 0.$

De cette dernière relation on déduit la section du côté DA du quadrilatère,

c'est $S = \frac{250 \times 18}{220} = 20^{mm^2},5.$

Nous avons donc là une application des lois de Kirchhoff au calcul des réseaux.

Nota. — Un *mélange* s'étant produit à l'impression dans le numéro du 15 février, p. 70, nous reproduisons ci-dessous le texte exact de l'exercice 2 :

Exercice 2. — *On a un circuit formé de deux résistances R_1 et R_2 en parallèle et d'une résistance R_3*

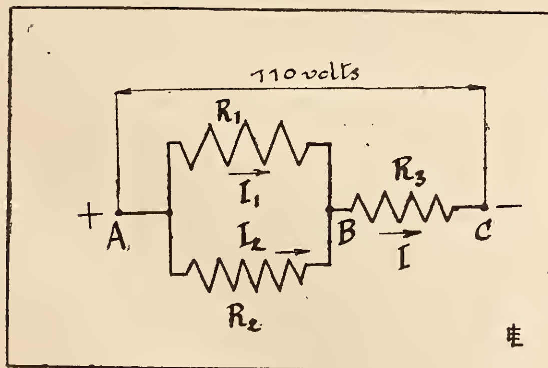


Fig. 30.

en série avec les deux premières. Les valeurs des trois résistances sont : $R_1 = 2$ ohms, $R_2 = 3$ ohms et $R_3 = 1$ ohm.

Entre A et C existe une tension de 110 volts. Calculer les courants dans chacune des résistances.

Solution.

Il nous faut calculer d'abord la résistance totale du circuit entre A et C, comme nous l'avons déjà expliqué (paragraphe 14).

Appelons R la résistance entre A et B. On a, comme on le sait :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{5}{6}$$

c'est-à-dire

$R = \frac{6}{5}$ d'hom, soit 1 ohm, 2.

La résistance totale entre A et C est donc :

1,2 + 1 = 2 ohms, 2.

Voyons le courant total dans le circuit, c'est :

$$\frac{110}{2,2} = 50 \text{ ampères.}$$

Nous appliquerons maintenant la première loi de Kirchhoff, qui donne la valeur du courant total dans la résistance R_3, soit :

$$I = I_1 + I_2,$$

c'est-à-dire

$$I_1 + I_2 = 50 \text{ ampères.}$$

Nous appliquerons ensuite la deuxième loi entre les points A et B, ce qui nous donnera :

$$R_1 I_1 - R_2 I_2 = 0,$$

c'est-à-dire

$$R_1 I_1 = R_2 I_2,$$

d'où l'on déduit :

$$I_1 = \frac{R_2 I_2}{R_1}$$

Comme $R_1 = 2$ ohms et $R_2 = 3$ ohms, nous aurons :

$$I_1 = \frac{3}{2} I_2, \text{ soit } 1,5\, I_2$$

mais nous venons de voir que : $I_1 + I_2 = 50$ ampères.

Si nous remplaçons I_1 par 1,5 I_2, nous obtiendrons :

$$1,5\, I_2 + I_2 = 50$$

ou encore

$$2,5\, I_2 = 50,$$

d'où l'on déduit :

$$I_2 = \frac{50}{2,5} = 20 \text{ ampères.}$$

Le courant dans la résistance R_2 est donc de 30 ampères.

En résumé les courants sont :

30 ampères dans R_1,
20 ampères dans R_2,
et 50 ampères dans R_3.

R. Sivoine,
Ingénieur E. T.P.

TRIBUNE DES ABONNÉS

La Tribune des Abonnés est une rubrique de renseignements mutuels des lecteurs de l'ELECTRICIEN. Nous prions nos lecteurs de vouloir bien adresser leurs réponses aux questions posées à l'ÉLECTRICIEN, 47 et 49, quai des Grands-Augustins, Paris, VIe, avec l'indication « Tribune ».

DEMANDES

N° 68. — Tous les ouvrages connus traitent l'étude de la marche en parallèle des alternateurs, dans les conditions normales de fonctionnement et avec moteurs d'entraînement munis de régulateurs.

Qui peut m'indiquer un ouvrage traitant cette question d'un point de vue plus large et surtout dans des conditions anormales de fonctionnement comme, par exemple, le couplage d'alternateurs de puissances fort inégales, ou marche en parallèle d'alternateurs non munis de régulateurs, ou marche en parallèle sur un même réseau d'usines très éloignées les unes des autres, etc.

N° 69. — Pourriez-vous m'indiquer : 1° où je pourrais trouver des dynamos de 12 volts système « Lamazière » comme celles employées dans l'éclairage des avions ; soient neuves ou d'occasion ; 2° une maison sérieuse pouvant me fournir des petits moteurs alternatifs 110 volts, 50 périodes, 3000 ampères, 1500 tours pour machines à coudre ; 3° Pourriez-vous m'indiquer d'autres formulaires plus pratiques que ceux de la Harve et Hospitalier ?

N° 70. — N'existe-t-il pas à Paris une maison ou une société s'occupant du nettoyage et de la vérification en province, à certaines époques, des compteurs électriques des particuliers ? Prière de me donner l'adresse.

N° 71. — On demande de faire connaître le pourcentage de glycérine nécessaire au garnissage des résistances liquides de limiteurs de tension, branchés sur un réseau de 5000 volts.

RÉPONSES

N° 66. — Les lampes électriques sont dépolies avec du fluorure. Il ne faut pas oublier l'action néfaste du dépolissage sur la durée de la lampe, aussi bien que sur son rendement.

N° 55. — *Erratum.* — Au lieu de « la nouvelle édition n'est pas encore sortie » lire « la nouvelle édition du Tome III n'est pas encore sortie ».

N° 64. — M. L. Rose donne, dans la *Machine moderne*, numéro de janvier 1920, les indications ci-après pour le perçage du marbre pour tableaux de distribution, panneaux d'appareillage, etc. :

« Pour le perçage du marbre il est bon, après traçage, de pointer les trous avec un vilebrequin américain. Les petits trous, jusqu'à 8 à 10 mm peuvent se faire en montant la mèche sur une petite sensitive portative à moteur se plaçant sur le panneau de marbre, dans le cas où celui-ci a de grandes dimensions.

« Pour les petits panneaux d'appareils, on se sert d'une sensitive ordinaire à plateau. Les trous au-delà de 10 mm. s'obtiennent par agrandissement des trous de 8 à 10 mm. La torsade de la mèche permet aux poussières de marbre de se dégager facilement vers l'extérieur, mais il est recommandable de souvent « déboucher «, c'est-à-dire soulever la mèche au dehors du trou.

« La mèche devra tourner à une vitesse linéaire réduite de façon à éviter les éclats et cette vitesse varie naturellement avec la dureté du marbre. L'exécution du premier trou fixera facilement la vitesse à adopter.

« Dans le marbre dur, il arrive que la mèche chauffe ; il sera bon de la tremper de temps à autre dans un petit récipient contenant de l'eau.

« Il faut éviter de lubrifier avec un pinceau ou un chiffon, à la manière ordinaire, afin d'empêcher l'eau de se répandre sur le marbre.

« Dans le marbre, on rencontre souvent des veines plus dures inclinées, aussi faut-il que le praticien ait soin de ne pas laisser « couler son trou », le perçage devenant oblique et la mèche pouvant casser.

« Enfin, le trou étant sur le point de déboucher sur la face inférieure, diminuer de pression de façon à éviter les éclats.

Emploi de mèches américaines.

« *a*) Le perçage du marbre et de l'ardoise, de beaucoup plus long que celui de mêmes trous dans le fer, peut voir son temps réduit du fait de l'emploi de mèches hélicoïdales, ayant leur angle de coupe modifié, comme l'indique la figure 1 ci-contre.

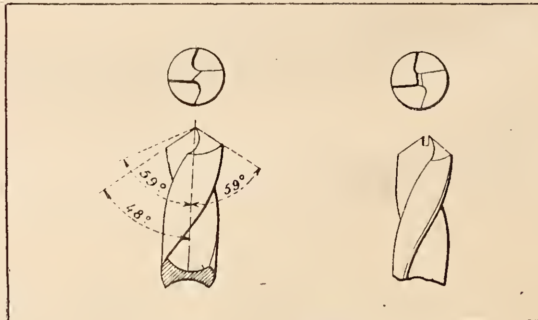


Fig. 1. Fig. 2.

« L'angle normal des mèches américaines est de 118° environ, soit 59 degrés de part et d'autre de l'axe. La modification consiste à conserver un côté meulé à 59° pendant que l'autre est réduit à un angle inférieur, 48° approximativement. De plus, avec une mèche ainsi modifiée, il est possible de percer droit, sans faire d'éclats à l'arrière du marbre.

« *b*) *Machinery* préconise la disposition suivante pour le perçage du marbre et matériaux similaires, surtout quand l'avance se fait à la main :

« Dans la mèche américaine ordinaire, on fait à la meule ou à la lime une entaille étroite comme représentée par la figure n° 2. Cette entaille devra avoir de 3 à 6 mm. de profondeur suivant le diamètre de la mèche et sera disposée de manière à former avec l'arête coupante un angle un peu inférieur à 90°. Si l'entaille est convenablement faite cette mèche donnera de bons résultats. »

Le Gérant : L. De Soye.

35e Année. — N° 1249. 1er Avril 1920.

L'ÉLECTRICIEN

Revue Internationale de l'Électricité & de ses applications

PARAISSANT LE 1er ET LE 15 DE CHAQUE MOIS

Rédacteur en Chef : Maurice SOUBRIER

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

PROFESSEUR ADJOINT D'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

SOMMAIRE

L'ELECTRIFICATION DES CHEMINS DE FER

La traction à courant continu 3000 volts

SUR LE CHICAGO-MILWAUKEE-RAILWAY *(suite).*

Dans des articles précédents (1) *relatifs à cette installation de traction électrique la plus importante du monde entier, nous avons donné la description des appareils de production et de transformation du courant. Nous abordons aujourd'hui la question de l'utilisation du courant, c'est-à-dire l'étude des lignes d'alimentation et de distribution et celle du matériel roulant.*

LIGNES D'ALIMENTATION ET DE DISTRIBUTION.

La ligne d'alimentation à 100.000 volts est établie d'une façon particulièrement sommaire. Les fils, du type 00 (diamètre 9mm,25, section 67,mm²), sont supportés chacun par un chapelet d'isolateurs en porcelaine fixés à l'extrémité de bras transversaux portés eux-mêmes par de *simples poteaux en bois* de cèdre distants de 170 mètres environ. Les conducteurs ont été posés en admettant une tension de 5.150 kilos et une flèche maxima de 1m,50 environ à la température de 5° centigrades. La distance entre conducteurs est de 2,m75. Il est prévu un ancrage tous les 1.500 à 1.600 mètres.

La *ligne de contact*, à suspension caténaire simple, est constituée de la façon suivante. Tous les 50 mètres environ, un poteau en bois de cèdre porte un bras horizontal en cornière, dont la rigidité est assurée par un hauban (fig. 1). A l'extrémité de la cornière est placé un isolateur supportant un fil d'acier. C'est à ce dernier qu'est suspendue la ligne de contact proprement dite. Elle est constituée par deux fils de cuivre électrolytique de 11,68mm de diamètre (107mm² de section) ; la section totale est ainsi de 214mm². Ces deux fils ne sont pas fixés aux mêmes points du fil d'acier ; ils sont supportés par des pendules en quinconce tous les 4 à 5 mètres pour chaque fil, ce qui augmente la souplesse de l'ensemble ; la longueur des pendules varie de 20 à 70 centimètres. Ils sont peu tendus, de sorte que le contact de l'un d'eux au moins est toujours assuré. Ils sont disposés à 10 mètres environ au-dessus du sol et leur tension n'est que très peu modifiée, malgré les variations

(1) Voir *Electricien* des 15 janvier, 1er février et 1er mars.

considérables de température (de — 40° C à + 32° C) auxquelles ils sont sujets.

Tous les 300 mètres environ, le fil de trolley est réuni à un feeder d'alimentation à 3.000 volts, supporté par les mêmes poteaux. La section de ce feeder en cuivre est de 250^{mm2} sur les pentes de 10^{mm} et de 700^{mm2} sur les pentes de 20^{mm}.

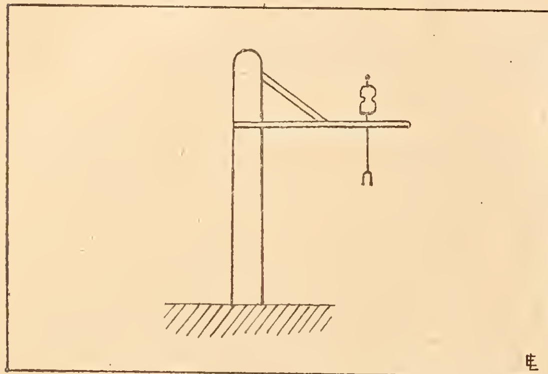


Fig. 1.

Le courant de retour circule dans la voie de roulement. Chaque rail de la voie principale est éclissé suivant les procédés habituels avec un câble de cuivre de 125^{mm2} de section sur les pentes inférieures à 10^{mm} et 2 câbles de 125^{mm2} sur les pentes plus fortes. Ces connexions sont reliées tous les 2,5 kilomètres environ à un fil de retour aérien en cuivre étiré, d'une section de 107^{mm2}. Cette disposition a pour but de protéger les agents de la voie contre les différences de potentiel dangereuses en cas de rupture d'une connexion.

La résistance du circuit de traction est voisine de 0,06 ohm par kilomètre (0,038 ohm pour le trolley et le feeder d'alimentation, 0,022 ohm pour la voie de roulement et le feeder de retour).

La chute de tension maxima est de 20 % lorsque deux trains de 2.500 tonnes se trouvent ensemble au milieu d'un intervalle entre deux sous-stations. Elle est en moyenne de 10 %.

Les signaux sont électriques et automatiques. Le courant qui les alimente est fourni par des groupes convertisseurs produisant du courant alternatif monophasé 4.400 volts, 60 périodes. Au droit des signaux sont placés des transformateurs abaissant la tension à 52 volts. Cette disposition est générale sur les chemins de fer américains.

L'entretien des lignes haute tension et trolleys est assuré par trois équipes de quatre hommes.

Les joints de la voie de roulement sont vérifiés par une équipe de deux hommes qui fait toute la ligne dans une année.

MATÉRIEL ROULANT

Sur la section actuellement électrifiée de Harlowton, à Avery, le matériel de traction, qui se compose uniquement de locomotives, comprend 30 locomotives pour les trains de marchandises, 12 pour les trains de voyageurs et 2 pour les manœuvres.

Les 42 premières ne diffèrent que par les rapports d'engrenages. Ce sont en réalité deux machines semblables accouplées (fig. 2). La caisse de chaque unité motrice est montée sur deux trucks, l'un symétrique à deux essieux moteurs, l'autre dissymétrique à deux essieux moteurs et un bogie-guide, analogue à ceux utilisés sur les locomotives à vapeur, avec boîtes à huile à l'intérieur des roues.

Une locomotive complète, formée de deux unités, comprend donc 8 essieux moteurs et 4 essieux porteurs, soit au total 24 roues dont 16 motrices. Les caractéristiques de ces machines géantes sont résumées dans le tableau suivant :

Largeur de la voie	1,425 m
Longueur totale	34,16 m
Empattement total (distance des essieux extrêmes)	31,32 m
Largeur totale	3,05 m
Hauteur avec trolley abaissé	5,07 m
Empattement rigide des roues motrices	3,20 m
Empattement rigide des roues des bogies-guides	1,83 m
Diamètre des roues motrices	1,32 m
Diamètre des roues des bogies-guides	0,91 m
Dimensions des fusées des essieux moteurs	0,20 m × 0,36 m
Dimensions des fusées des essieux des bogies-guides	0,16 m × 0,30 m
Poids total de la locomotive	261.000 kg environ.
Poids sur les essieux moteurs	204.000 —
Poids par essieu moteur	25.500 —
Poids suspendu par essieu moteur	18.250 —
Poids mort par essieu moteur	7.250 —
Poids sur les bogies-guides	57.000 —
Poids par essieu porteur	14.250 —
Poids suspendu par essieu porteur	12.350 —
Poids mort par essieu porteur	1.900 —
Poids de l'équipement électrique	147.000 —
Effort de freinage normal en pour cent du poids adhérent	89 %
Effort de freinage normal en pour cent du poids total	69 %

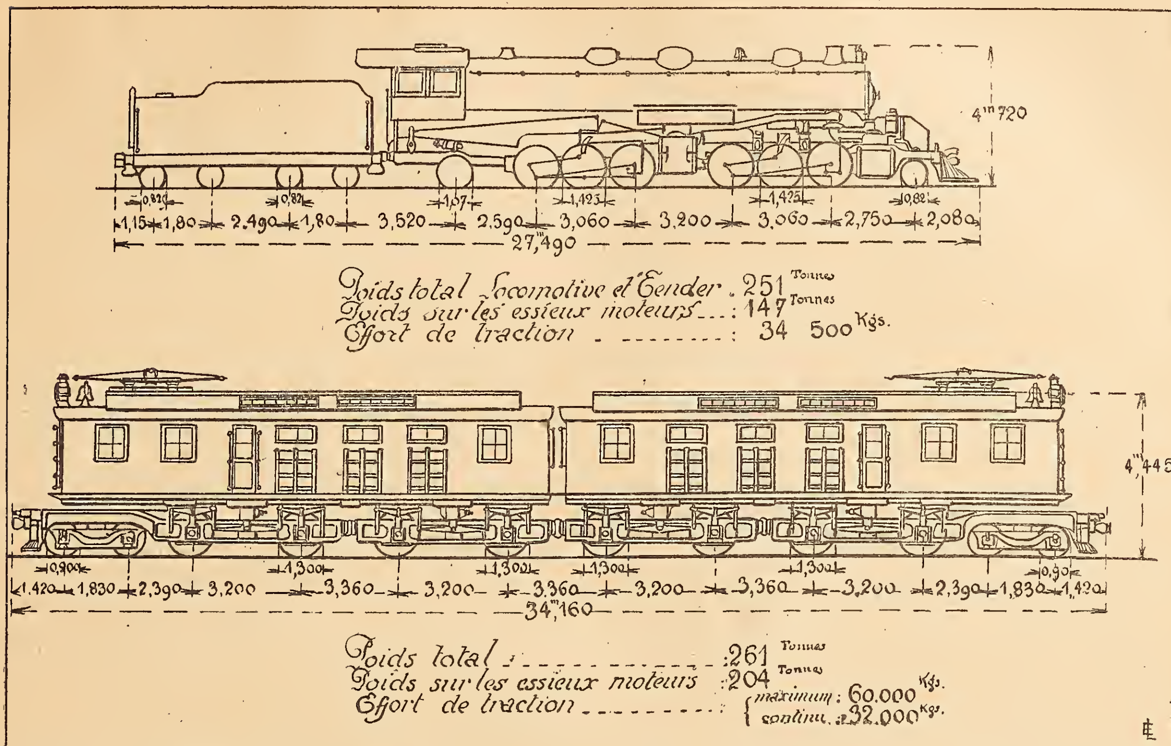


Fig. 2. — Locomotive du Chicago Milwaukee et Saint-Paul. — Diagramme comparant les caractéristiques d'une locomotive électrique complète (2 1/2 unité) et d'une locomotive à vapeur compound type Mallet.

Chacun des 8 essieux moteurs est actionné par un moteur électrique par l'intermédiaire de deux pignons et de deux roues d'engrenage cylindrique, d'une largeur de denture de 0,10 m, directement montées sur l'essieu, une de chaque côté de l'armature.

Le moteur prévu pour une tension normale de 1.500 volts a une puissance unihoraire de 430 HP et une puissance de 375 HP en régime continu. La puissance totale d'une locomotive est ainsi de 3.440 HP pour un poids de 261 T, soit 76 kgs par cheval unihoraire. On conçoit que l'on songe à utiliser ces tracteurs puissants et lourds pour remorquer des trains de 5.000 tonnes.

Pour les locomotives à marchandises, le rapport d'engrenage est de 18/82; l'effort de traction unihoraire est de 4.830 kg par moteur, soit 38.600 kg au total. L'effort de traction continu est de 32.000 kg et l'effort maximum, qui peut être maintenu pendant 5 minutes sans échauffement dangereux, est de 60.000 kg. La vitesse normale est de 24,5 km à l'heure et la vitesse maxima de 56 km-h.

Il y a deux types de machines à voyageurs caractérisés par les rapports d'engrenages 26/74 et 29/71. Pour ce dernier rapport, l'effort de traction unihoraire est de 20.500 kgs, l'effort continu est de 17.000 kgs et l'effort maximum de 32.000 kgs. La vitesse normale est de 45 km-h. et la vitesse maxima de 104 km-h. La figure 3 donne les caractéristiques d'une locomotive à voyageurs.

A titre de comparaison, nous avons représenté sur la figure 2 une locomotive à vapeur Mallet compound articulée d'un poids total de 251 T, dont 147 T de poids adhérent sur 6 essieux moteurs. Elle développe un effort de 24.500 kgs en remorquant un train de 1.800 T sur une rampe de 10 mm. L'effort maximum atteint 34.500 kgs. Une machine de l'Erié, de ce type, mise récemment en service, possède 14 essieux, dont 12 moteurs, pèse 390 T dont 347 T de poids adhérent, développe un effort de traction de 72.500 kgs et remorque des trains de 6.000 T. Les ingénieurs américains voient grand; il est d'ailleurs probable qu'ils ne s'en tiendront pas là et que « la plus grosse locomotive du monde » n'est pas encore née.

Signalons, pour être complets, que les deux locomotives de manœuvre sont du type à bogie à pivot. Elles pèsent chacune 70 tonnes et sont

équipées avec 4 moteurs à engrenages. Un certain nombre de pièces de ces locomotives sont interchangeables avec celles des autres tracteurs.

Détails de construction des locomotives. — Le poids de la locomotive est réparti sur les roues au moyen d'un système d'équilibrage composé de ressorts à lames et à boudins. Les centres des roues sont en acier coulé et possèdent douze bras.

Chaque bogie porteur du type équilibré commun aux locomotives à vapeur supporte la charge par l'intermédiaire d'une traverse qui permet un jeu latéral de 10 cm de chaque côté du centre. Le dispositif de montage a été trouvé très satisfaisant, aux vitesses de 105 km à l'heure atteintes dans le service à voyageurs. Il n'y a aucun *nosing* (piquement de nez) sur la voie de roulement.

Sur les trucks moteurs, les longerons, les traverses et toutes les pièces soumises à des efforts longitudinaux sont construits pour résister à une pression statique de 227.000 kgs avec un large coefficient de sécurité. Les longerons sont en acier moulé de 10 cm d'épaisseur.

A égale distance entre les roues, sur chacun des trucks, est une traverse creuse en acier fondu, avec des *oreilles* pour la suspension des moteurs, et à travers laquelle est envoyé directement aux moteurs l'air soufflé par le ventilateur de la cabine. Aucun jeu vertical n'est permis au point de jonction des trucks d'une demi-locomotive, mais il en est prévu un au point de jonction des deux demi-unités. Aux boîtes d'essieux, les longerons sont munis de semelles de façon que, lorsque celles-ci glissent, les boîtes d'essieux peuvent être enlevées sans soulever le longeron. Ceci permet de changer facilement les plaques de butée qui sont prévues à l'arrière de chaque boîte. Les moteurs sont supportés, à la manière ordinaire, d'un côté directement sur l'essieu et de l'autre côté, sur la traverse, par une console en forme de nez, par l'intermédiaire de ressorts. Un accouplement flexible à ressort est installé entre les engrenages et les essieux de façon à donner une grande flexibilité amortissant tous les chocs, à éliminer les bruits de frottement des engrenages et à diminuer leur usure. Le rendement élevé, la construction simple et les faibles dépenses d'entretien des commandes par engrenages furent les motifs principaux qui les firent adopter et les résultats d'exploitation ont pleinement justifié ce choix.

L'ossature de chaque demi-locomotive se compose de deux carneaux de 30 cm de diamètre, distants de 80 cm, constituant une conduite qui amène l'air du ventilateur aux moteurs. Le câblage est protégé par le plancher de la cabine.

Les cabines sont construites à la manière ordinaire avec baies de ventilation sur les côtés. Chacune d'elles comprend deux compartiments : le premier renfermant l'appareillage, de 14 mètres de long ; le second, de 1m,50 de long, où se tient le wattman. Des ouvertures sont ménagées dans le toit pour lever le matériel avec des grues. Le groupe moteur-générateur, dont nous parlerons plus loin, le ventilateur et le compresseur sont supportés directement par le carneau qui constitue la conduite principale d'air.

Dans les compartiments des résistances et des interrupteurs, les résistances sont fixées sur le plancher et au-dessus d'elles sont montés les contacteurs. Un flux d'air provenant du toit produit une ventilation naturelle en s'échappant par des ouvertures pratiquées dans le plancher. La rangée des contacteurs et des interrupteurs est accessible d'un bas-côté central dans lequel tous les contacteurs se font face, ce qui ménage un large espace pour la production des arcs. Cette *compartimentation* des résistances et des contacteurs a été trouvée particulièrement avantageuse pour faciliter la visite et le remplacement du matériel. L'appareillage haute tension, qui pourrait être une source de dangers, est ainsi soigneusement enfermé.

Moteurs. — Les moteurs employés sur ces locomotives sont, à notre connaissance, les plus puissants du type des moteurs *montés sur essieu* qui aient été jamais employés pour l'électrification des chemins de fer. Ils sont du type cuirassé 253 A de la « General Electric », d'une puissance unihoraire de 430 HP et d'une puissance continue de 375 HP, basée sur une température de 100 degrés centigrades dans l'induit et de 120 degrés dans les inducteurs. Les moteurs sont bobinés pour 1.500 volts et, par suite, fonctionnent par deux en séries sous 3.000 volts. Ils sont isolés à la masse pour la tension de 3.000 volts. Ils sont prévus pour ventilation forcée ; le débit d'air par moteur, correspondant à la puissance continue, est d'environ 70m³ par minute. L'air est soufflé dans le moteur à travers une large ouverture de la carcasse magnétique, du côté du collecteur, puis passe dans des canaux longitudinaux parallèles à travers l'induit et sur les bobines de champ et sort par la carcasse magnétique de l'autre côté.

Chaque moteur complet, y compris les engrenages élastiques, les pignons, le carter, les coussinets d'essieu, pèse 6.750 kgs. Il possède quatre pôles principaux et quatre pôles de commutation ; il a été étudié pour réglage de la vitesse par variation du champ, les inducteurs étant shuntés à 50 % en pleine vitesse. L'induit a 49 encoches avec 7 bobines par encoche ; le collecteur a 343 lames. La

tension normale entre deux lames consécutives est ainsi de 17 à 18 volts.

Entre deux lames, il n'y a qu'une bobine, laquelle ne comporte par conséquent qu'un seul tour. Le diamètre des tôles de l'induit est de 75 cm. Les bobines d'induit sont isolées au mica et à l'asbeste (sorte d'amiante). A la puissance unihoraire de 430 HP, la vitesse est de 446 tours par minute. Il y a quatre lignes de balais par moteur, chacune d'elles comportant deux balais de 17,5 × 44,5 mm.

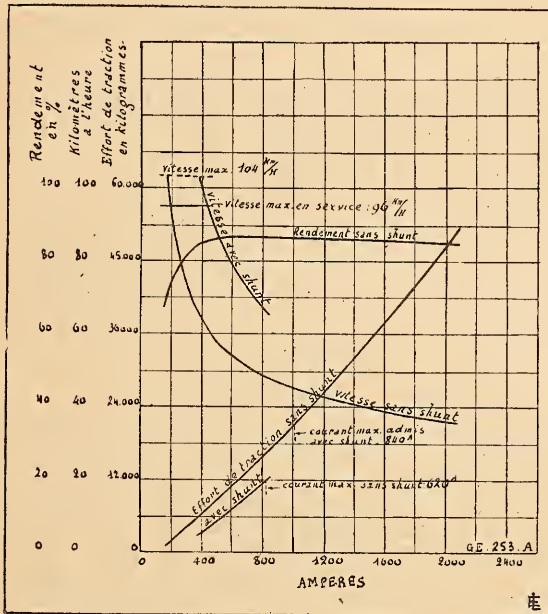


Fig. 3. — Caraetéristiques de la locomotive à voyageurs.

Les bobines du champ principal sont constituées par des barres de cuivre en deux sections, avec de l'amiante entre les sections. Elles sont isolées avec du mica et de l'amiante et, pour terminer, avec un fort ruban de coton. Les bobines du champ de commutation sont faites de barres de cuivre disposées sur champ et sont isolées de la même façon que les bobines principales. Ces dernières ne sont pas soumises à la tension totale, car deux inducteurs sont branchés en série, *du côté de la terre,* avec les deux induits correspondants.

Les connexions des barres à l'extrémité arrière de l'induit sont brasées électriquement, ce qui assure un contact parfait à toute haute température anormale qui pourrait se produire dans une surcharge excessive. La carcasse magnétique est en acier coulé.

La commutation est parfaite. Pendant un essai on a pu élever le voltage de 50 % sans produire d'étincelles dangereuses. Quand les moteurs fonctionnent en récupération, à des voltages sensiblement supérieurs à 1.500 volts, le champ peut être shunté d'une façon surprenante sans qu'il se produise d'étincelles appréciables.

Les roues d'engrenages et les pignons sont en acier à haute teneur de carbone traité à l'huile, ayant une résistance limite d'élasticité de 60 kgs par mm².

Le croisillon d'induit et le collecteur sont montés sur un manchon, ce qui facilite le remplacement de l'arbre du moteur.

En service, les moteurs ont donné d'excellents résultats ; il n'y a pas de bruits ni de vibrations notables quand les locomotives sont en mouvement. La température des moteurs est relativement basse et leur puissance est capable de tirer des trains plus lourds que ceux remorqués actuellement.

Pantographes. — Pour recueillir le courant provenant de la ligne caténaire de contact, une locomotive complète possède deux pantographes, un monté sur chaque demi-unité. Un pantographe comporte deux frotteurs, mobiles indépendamment l'un de l'autre et comprenant chacun deux barres de contact en cuivre rouge. Les éléments de contact sont ainsi du même métal que le fil de trolley, de sorte que le courant passe du cuivre sur cuivre. Comme la ligne de trolley est double, on voit qu'il y a huit points de contact par pantographe, soit 16 points pour une locomotive complète. Aussi peut-on capter aisément 1.500 à 2.000 2.000 ampères à la vitesse de 80 à 96 kilomètres à l'heure et 4.000 ampères à la vitesse de 25 km à l'heure. Il y a lieu de remarquer que l'on n'a pu obtenir ces résultats que depuis la suppression complète sur la section électrifiée, de la traction à vapeur qui occasionnait de nombreux ennuis du fait de la vapeur d'eau et des dépôts de suie sur le fil de travail.

Au début, les pantographes ont donné lieu à des ennuis assez nombreux dus surtout à ce que les cornes en aluminium n'étaient ni assez longues, ni assez solides. Un appareil faisait au maximum 3.600 km et son remplacement coûtait environ 0,115 dollar par locomotive-kilomètre. Les cornes ont été allongées et sont maintenant en tôle de fer. Le nombre de ruptures de pantographes est actuellement très réduit et ne dépasse plus cinq par mois. De même, les courts-circuits causés par ces appareils sont devenus très rares.

Au milieu de la semelle où le contact se fait le plus fréquemment, chaque barre de contact est doublée. La durée des frotteurs, originairement de

4.000 km environ, a été augmentée par le graissage et portée à 13.000 kilomètres.

Le wattmann règle son pantographe au moyen d'une soupape à air, laquelle introduit de l'air dans une paire de cylindres qui actionnent de puissants ressorts, soulevant le pantographe et en même temps réglant la pression contre le fil de trolley ; autrement dit, le relevage du pantographe se fait au moyen de l'air comprimé et son abaissement par des ressorts. La marge d'action du sabot va de 5m,20 à 7m,60 au-dessus du rail. Si pour une raison quelconque on manque d'air, le pantographe est immobilisé. Dans ce cas, on utilise une perche de trolley auxiliaire, à pivot, destinée à capter le courant permettant d'alimenter les compresseurs pour renouveler la provision d'air comprimé. En particulier, cette manœuvre a lieu à chaque prise de service de la locomotive.

Les deux pantographes de chaque locomotive complète sont réunis en parallèle au moyen d'un câble installé sur la toiture de façon que le double équipement électrique puisse être alimenté par n'importe quel pantographe.

A. Tétrel, *Ingénieur E. S. E.*

Recherche du sens de rotation des phases

DANS LES INSTALLATIONS A COURANTS POLYPHASÉS (*suite*).

La nécessité de cette recherche, et la méthode employée, ont été exposées dans la première partie de cette étude (1). *Par suite de l'intérêt et de la nouveauté du sujet, et aussi en vue des recherches qu'il peut provoquer, nous croyons indispensable d'en donner ci-après l'explication mathématique. Les praticiens liront avec intérêt les conclusions pratiques qui terminent cette étude.*

6° Application de la méthode aux installations diphasées.

Ceci posé, soit le montage réalisé figure 12 sur un circuit diphasé, appelons : i_1 le courant dans la lampe 1, son sens positif allant de A vers C ;

i_2 le courant dans la lampe 2, avec sens positif de B vers C ;

i_3 le courant dans la self, sens positif de C vers D ;

u_1 la différence de potentiel aux bornes de la lampe 1

u_2 aux bornes de la lampe 2 ;

u_3 aux bornes de la self ;

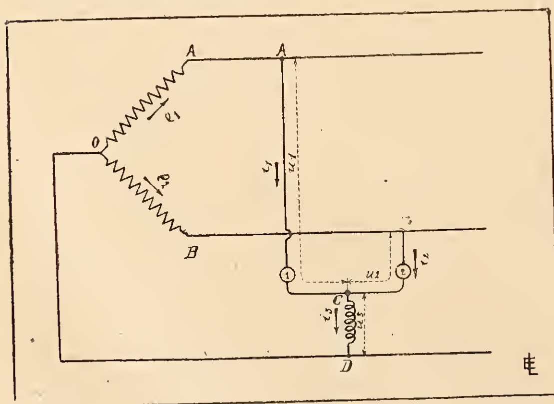


Fig. -12

r étant la résistance d'une des lampes et enfin ρ et λ les résistance et self de la branche C D.

Posons :

$$V_A - V_D = e_1$$
$$V_B - V_D = e_2$$

En appliquant à ces circuits les lois d'Ohm et de Kirchhof, on obtient les relations suivantes entre les valeurs instantanées :

$$u_1 = ri_1 \qquad (1)$$
$$u_2 = ri_2 \qquad (2)$$
$$u_3 = \rho i_3 + \lambda \frac{di_3}{dt} \qquad (3)$$
$$i_1 + i_2 = i_3 \qquad (4)$$
$$u_1 + u_3 = e_1 \qquad (5)$$
$$u_2 + u_3 = e_2 \qquad (6)$$

Système de six équations à six inconnues $i_1, i_2, i_3, u_1, u_2, u_3$. Si on considère les valeurs efficaces, les relations sont géométriques; en les exprimant, on obtient le diagramme de la figure 13.

De (5) et (6) on tire :

$$u_1 - u_2 = e_1 - e_2$$

Soient O A $= e_1$, O B $= e_2$, décalé en arrière de e_1 de 90° alors A C $= - e_2$ et O C $= e_1 - e_2$.

Supposons le problème résolu, traçons :

$$\text{O M} = u_1 \text{ et O D} = u_2$$

Comme $u_1 + u_3 = e_1$ (5)

Et que la figure donne :

$$\text{O M} + \text{M A} = \text{O A},$$

On en tire : M A $= u_3$

De même l'équation (6) donnant :

$$u_2 + u_3 = e_2,$$

Puisque l'on a sur la figure :

$$\text{O D} + \text{D B} = \text{O B},$$

On en tire :

$$\text{D B} = u_3$$

Donc les vecteurs M A et D B sont équipollents, comme B O est équipollent à A C, le triangle O D B est égal au triangle C M A et C M est équipollent à O D.

(1) Voir *L'Electricien* du 15 mars 1920.

Donc étant donné le triangle rectangle O A C construit sur e_1 et — e_2, M étant le point de fonctionnement pris à l'intérieur, on a :

O M = u_1, M A = u_3, C M = u_1

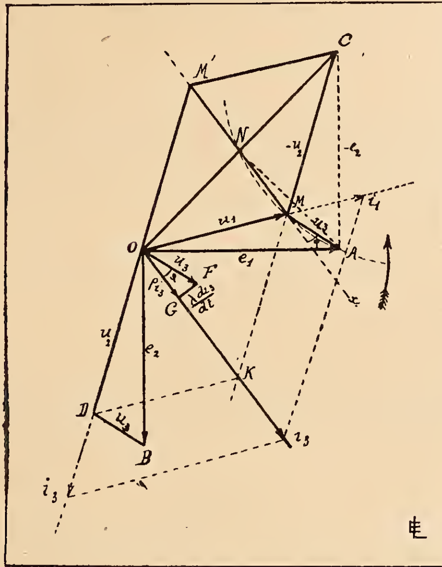


Fig. 13

Traçons maintenant un vecteur i_1 proportionnel à u_2 et en phase avec lui :

$$i_1 = \frac{u_1}{r}$$

un vecteur i_2 proportionnel à u_2 et en phase avec lui :

$$i_2 = \frac{u_2}{r},$$

leur composition nous donnera le vecteur, :

$$i_3 = i_1 + i_2$$

La direction de i_3 est donc la diagonale O K du parallélogramme construit sur O M et sur O D, le vecteur M'M diagonale du parallélogramme construit sur O M et M C est équipollent à O K. Pour avoir i_3 en grandeur, il faut construire le parallélogramme sur i_1 et sur i_2 soit sur

$$\frac{u_1}{r} \text{ et sur } \frac{u_2}{r}$$

Portant ensuite O G = $\rho\, i_3$ sur le vecteur i_3 et, en quadrature, G F = $\lambda\omega i_3$, on obtient O F = u_3, équipollents à D B et M A.

L'angle F O G est égal au décalage φ, donné par la relation :

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\lambda\omega}{\rho}$$

Comme O F est équipollent à M A, que O K est équipollent à M'M, l'angle $\widehat{AMx} = \widehat{FOG} = .$

Et l'angle $\widehat{AMN} = \pi - \varphi$.

Or le point A est fixe, le point N milieu de O C est fixe, l'angle $\widehat{AMN}$ est constant pour φ donné, on peut donc dire que :

Le lieu du point M est l'arc de cercle capable de l'angle $\widehat{AMN}$ décrit sur A N comme corde. Pour un angle φ déterminé, le point M ne peut se déplacer que sur l'arc A M N.

Il est facile de voir qu'il ne peut se trouver sur l'arc de cercle capable de l'angle A M N et symétrique par rapport à A N, car ainsi que le montre la figure 14, le vecteur O F équipollent à M'' A = u_3 serait en retard par rapport au vecteur O K = i_3, équipollent à N M'', condition qui ne peut être réalisée dans un circuit inductif.

Donc le point N se trouve *au-dessous* de la droite A N, qui partage le triangle A O C en 2 parties égales, et pour cette région du plan, *le vecteur C M est plus grand que le vecteur C M, donc la tension u_2 est plus grande que u_1, et la lampe 2 branchée sur la phase en retard est celle qui brille le plus.*

Nous avons résolu le problème qualitativement, calculons maintenant u_1 et u_2 en fonction de r, ρ, et λ.

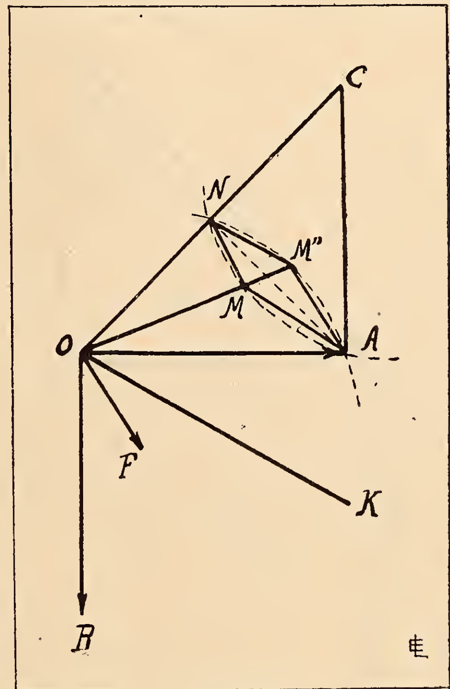


Fig. 14

Considérons le parallélogramme O M C M' de la figure 13, dont M M', la diagonale, est parallèle à la direction du courant i_3,

On a : M'O = u_2 et M'C = u_1

Si on construit $\frac{u_2}{r}$ et $\frac{u_1}{r}$, et qu'on trace la diagonale on obtient i_3, il revient au même de construire la diagonale sur u_1 et u_2, soit M'M, et la muttiplier par le rapport $\frac{1}{r}$, on a donc :

$$M'M = r i_3$$

d'où : $NM = \frac{r i_3}{2}$ et enfin $i_3 = \frac{2\,NM}{r}$

D'autre part :

$$MA = OF = i_3 \sqrt{\rho^2 + \lambda^2 \omega^2}$$

d'où :

$$i_3 = \frac{MA}{\sqrt{\rho^2 + \lambda^2 \omega^2}}$$

égalant ces deux dernières valeurs de i_3, il vient :

$$\frac{2}{r} NM = \frac{1}{\sqrt{\rho^2 + \lambda^2 \omega^2}} MA$$

et enfin :

$$\frac{NM}{MA} = \frac{1}{\sqrt{\rho^2 + \lambda^2 \omega^2}} \times \frac{r}{2} = \frac{r}{2\sqrt{\rho^2 + \lambda^2 \omega^2}}$$

le rapport $\frac{NM}{MA}$ est donc constant, l'angle A M N est

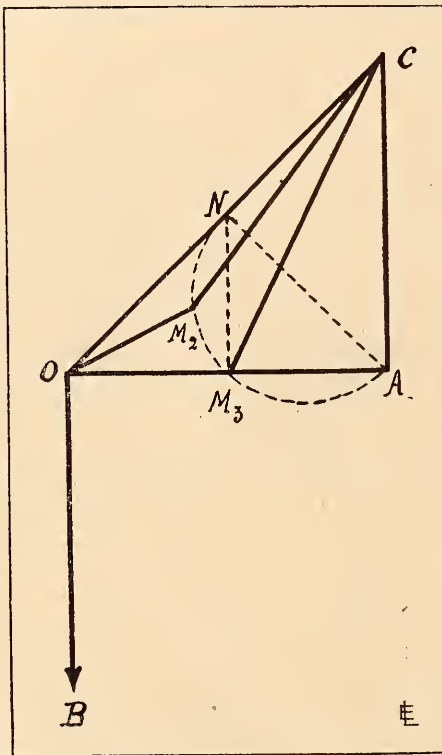


Fig. 15

connu, on peut tracer un triangle semblable au triangle A M N, ce qui détermine, par exemple, la direction A M par rapport à A N ; le problème est résolu, on peut calculer le rapport qui existe entre u_1 et u_2.

L'angle φ est plus petit ou au plus égal à $\frac{\pi}{2}$, donc l'arc de cercle capable de l'angle maximum est celui qui est tracé sur A N comme diamètre.

Le point M_1 de fonctionnement de la figure 15 donne une grande différence d'éclat entre les deux lampes.

Pour ce cas, on a :

$$\varphi = \frac{\pi}{2} \text{ d'où } \rho = 0.$$

La figure donne alors :

$$M_1 N = M_1 A$$

d'où :

$$r = 2\sqrt{\rho^2 + \lambda^2 \omega^2}$$

et comme $\rho = 0$, il vient :

$$r = 2 \lambda \omega.$$

On doit chercher à se rapprocher de cette condition pour avoir le maximum de différence d'éclat entre les deux lampes. Ces dernières seront choisies de façon que leur résistance soit environ le double de la réactance de la bobine, celle-ci ayant une résistance ohmique négligeable.

On a alors :

$$\overline{CM_1}^2 = \overline{AC}^2 + \overline{AM_1}^2 = (2\,\overline{OM_1})^2 + \overline{OM_1}^2$$

$$\overline{CM_1}^2 = 4\,\overline{OM_1}^2 + \overline{OM_1}^2 = 5\,\overline{OM_1}^2$$

d'où :

$$\overline{CM_1} \times \sqrt{5}\,\overline{OM_1}$$

c'est-à-dire que l'on a :

$$u_2 = u_1 \sqrt{5} = 2{,}236\, u_1.$$

La lampe branchée sur la phase en retard est soumise à une tension u_2 qui est 2,236 fois plus grande que la tension u_1 aux bornes de la lampe branchée sur la phase en avance

7° Application de la méthode aux installations triphasées.

Nous avons dit que cette méthode s'appliquait à tous les cas, nous allons donc traiter le problème dans le cas d'une installation triphasée.

En faisant les mêmes hypothèses qu'au début du paragraphe 6, et en employant les mêmes notations, nous obtenons les 6 équations suivantes qui s'appliquent à la figure 16 :

$$u_1 = ri_1 \quad (1)$$

$$u_2 = ri_2 \quad (2)$$

$$u_3 = \rho i_3 + \lambda \frac{di_3}{dt} \quad (3)$$

$$i_1 + i_2 = i_3 \quad (4)$$

$$u_1 + u_3 = e_1 \quad (5)$$

$$u_2 + u_3 = e_2 \quad (6)$$

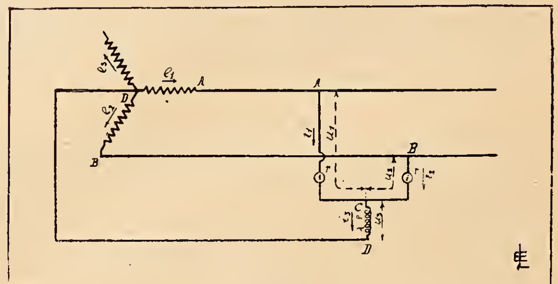


Fig. 16

Des équations (5) et (6) on tire :

$$u_1 - u_2 = e_1 - e_2$$

La même marche de calcul et les mêmes théories nous conduisent au diagramme de la figure 17. Nous obtenons la même conclusion, c'est-à-dire que le lieu du point M est l'arc de cercle capable de l'angle $\pi - \varphi$, tracé sur A N comme corde.

Ce point M ne peut se trouver sur l'arc de cercle symétrique par rapport à A N dans un circuit inductif, nous l'avons démontré pour une installation diphasée ; cet arc symétrique correspondrait au remplacement de la self de la branche C D par une capacité produisant le même décalage, dans ce cas on obtiendrait le résultat inverse et c'est la lampe branchée sur la phase en avance qui brillerait le plus.

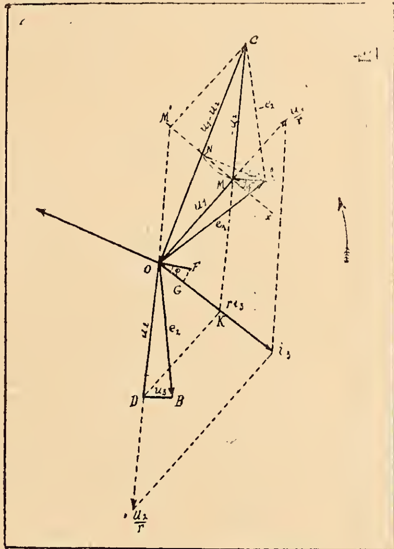


Fig. 17

Le point M ne peut donc se déplacer que sur l'arc de cercle situé de l'autre côté que C par rapport à A N. Cette dernière droite partage le triangle A O C en deux parties égales, il en résulte que dans tous les cas, on a :

$$C\,M > O\,M$$

C'est-à-dire :

$$u_2 > u_1$$

et la lampe branchée sur la phase en retard brille plus que l'autre.

Les mêmes calculs que ceux que nous avons faits au chapitre **VI** nous détermineront la position du point M sur l'arc A M N ; le résultat est identique :

$$\frac{M\,N}{A\,M} = \frac{r}{2\sqrt{\rho^2 + \lambda^2\omega^2}}$$

L'angle φ est au maximum égal à $\frac{\pi}{2}$. Dans ce cas le ieu du point M est la demi-circonférence décrite sur A N comme diamètre. Pour tous les points de cette demi-circonférence, le rapport $\frac{C\,M}{O\,M}$ est plus grand que tous les autres rapports obtenus pour des valeurs de $\varphi < \frac{\pi}{2}$. En effet, la demi-circonférence A M N est extérieure à tous les arcs de cercle capables des angles supplémentaires de φ pour $\varphi < \frac{\pi}{2}$. C M est donc plus grand et O M plus petit dans le cas de $\varphi = \frac{\pi}{2}$, que dans tous les autres cas.

Pour $\varphi = \frac{\pi}{2}$ il y a un point M qui donne une valeur $\frac{C\,M}{O\,M}$ plus grande que les autres points.

Dans le chapitre **VI**, en diphasé, nous avons calculé une valeur particulière très grande de ce rapport $\frac{C\,M}{O\,M}$, nous allons maintenant calculer pour le triphasé le maximum de cette valeur $\frac{C\,M}{O\,M}$, pour cela nous allons annuler la dérivée de ce rapport.

8° Calcul du maximum de $\frac{C\,M}{O\,M}$ en triphasé.

Prenons comme variable auxiliaire l'angle α (fig. 19) et exprimons en fonction de cet angle les vecteurs C M et O M.

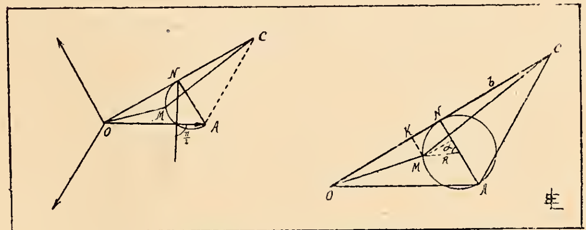


Fig. 19

On a :

$$C\,M^2 = C\,K^2 + K\,M^2 = (C\,N + N\,K)^2 + K\,M^2$$

Posons :

$C\,N = \frac{O\,C}{2} = b$ et soit R le rayon du cercle de diamètre A N, on a :

$$C\,M^2 = (b + R \sin\alpha)^2 + R^2 (1 - \cos\alpha)^2.$$

$$C\,M^2 = b^2 + R^2 \sin^2\alpha + 2bR \sin\alpha + R^2 (1 - 2\cos\alpha + \cos^2\alpha)$$

$$C\,M^2 = b^2 + R^2 \sin^2\alpha + 2bR \sin\alpha + R^2 - 2R^2 \cos\alpha + R^2 \cos^2\alpha$$

$$C\,M^2 = b^2 + 2R^2 - 2R^2 \cos\alpha + 2\,b\,R \sin\alpha.$$

De même on a pour O M :

$$O\,M^2 = O\,K^2 + K\,M^2 = (C\,N - N\,K)^2 + K\,M^2$$

$$O\,M^2 = (b - R\sin\alpha)^2 + R^2 (1 - \cos\alpha)^2$$

$$O\,M^2 = b^2 + R^2 \sin^2\alpha - 2\,b\,R \sin\alpha + R^2 (1 - 2\cos\alpha + \cos^2\alpha)$$

$$O\,M^2 = b^2 + R^2 \sin^2\alpha - 2\,b\,R \sin\alpha + R^2 - 2\,R^2 \cos\alpha + R^2 \cos^2\alpha$$

$$O\,M^2 = b^2 + 2\,R^2 - 2\,R^2 \cos\alpha - 2\,b\,R \sin\alpha$$

Enfin il vient :

$$\frac{C\,M^2}{O\,M^2} = \frac{b^2 + 2\,R^2 - 2\,R^2 \cos\alpha + 2\,b\,R \sin\alpha}{b^2 + 2\,R^2 - 2\,R^2 \cos\alpha - 2\,b\,R \sin\alpha}$$

le maximum de $\frac{C\,M}{O\,M}$ a lieu en même temps que celui de $\frac{C\,M^2}{O\,M^2}$, c'est-à-dire qu'il aura lieu pour la valeur de α qui

annule la dérivée de $\frac{CM^2}{OM^2}$.

On a :

$$\frac{d\left[\frac{CM^2}{OM^2}\right]}{d\alpha} =$$

$(b^2 + 2R^2 - 2R^2\cos\alpha - 2bR\sin\alpha)(2R^2\sin\alpha + 2bR\cos\alpha) - (b^2 + 2R^2 - 2R^2\cos\alpha + 2bR\sin\alpha)(2R^2\sin\alpha - 2bR\cos\alpha) : (b^2 + 2R^2 - 2R^2\cos\alpha - 2bR\sin\alpha)^2$.

Comme le dénominateur du deuxième membre ne peut être ni nul, ni infini, la valeur de α qui annule la dérivée est celle qui annule le numérateur :

$O = (b^2 + 2R^2 - 2R^2\cos\alpha)\, 2R^2\sin\alpha - 2bR\sin\alpha \times 2R^2\sin\alpha + (b^2 + 2R^2 - 2R^2\cos\alpha)\, 2bR\cos\alpha - 2bR\sin\alpha \times 2bR\cos\alpha - (b^2 + 2R^2 - 2R^2\cos\alpha)\, 2R^2\sin\alpha - 2bR\sin\alpha \times 2R^2\sin\alpha + (b^2 + 2R^2 - 2R^2\cos\alpha)\, 2bR\cos\alpha + 2bR\sin\alpha \times 2bR\cos\alpha$.

$O = \quad - 4bR\sin\alpha \times 2R^2\sin\alpha + 2(b^2 + 2R^2 - 2R^2\cos\alpha)\, 2bR\cos\alpha$.

$O = - 8bR^3\sin^2\alpha + 4bR\cos\alpha\,(b^2 + 2R^2 - 2R^2\cos\alpha)$

Pour que cette différence soit nulle, il faut que :

$8bR^3\sin^2\alpha = 4bR\cos\alpha\,(b^2 + 2R^2 - 2R^2 - 2R^2\cos\alpha)$

$2R^2\sin^2\alpha = b^2\cos\alpha + 2R^2\cos\alpha - 2R^2\cos^2\alpha$.

Ou :

$$2R^2(\sin^2\alpha + \cos^2\alpha) = (b^2 + 2R^2)\cos\alpha$$
$$2R^2 = (b^2 + 2R^2)\cos\alpha$$

Et enfin :

$$\cos\alpha = \frac{2R^2}{b^2 + 2R^2}$$

Or le triangle O A C est isocèle, l'angle O A C = 120°, les deux autres valent donc 30° chacun ; dans le triangle rectangle O N A, on a :

$$AN = OA\sin 30° = \frac{OA}{2}$$

$$b = NC = ON = OA\cos 30° = \frac{\sqrt{3}\,OA}{2}$$

comme le rayon du cercle est égal à la moitié de A N, on a :

$$R = \frac{OA}{4}.$$

Portons ces valeurs de R et de b dans l'expression de $\cos\alpha$ il vient :

$$\cos\alpha = \frac{2 \times \frac{OA^2}{16}}{\frac{3.OA^2}{4} + \frac{2 \times OA^2}{16}} = \frac{\frac{OA^2}{8}}{\frac{7.OA^2}{8}} = \frac{1}{7} = 0{,}143$$

cherchons la valeur de $\sin\alpha$ qui entre également dans les expressions de C M et de O M :

$$\sin\alpha = \sqrt{1 - 0{,}143^2} = \sqrt{1 - 0{,}0204} = 0{,}989, \text{ soit } 0{,}99.$$

Portons ces valeurs de b, $R\sin\alpha$ et $\cos\alpha$ dans les expressions de CM^2 et OM^2, il vient :

$$CM^2 = b^2 + 2R^2 - 2R^2\cos\alpha + 2bR\sin\alpha.$$

$$CM^2 = \frac{6.OA^2}{8} + \frac{OA^2}{8} - \frac{OA^2}{8} \times \frac{1}{7} + \frac{2.OA\sqrt{3}}{2} \times \frac{OA}{4} \times 0{,}99$$

$$CM^2 = \frac{7.OA^2}{8} - \frac{OA^2}{56} + \frac{0{,}99 \times 1{,}732 \times OA^2}{4}$$

$$CM^2 = \frac{49.OA^2}{56} - \frac{OA^2}{56} + \frac{14 \times 0{,}99 \times 1{,}732 \times OA^2}{56}$$

$$CM^2 = \frac{48.OA^2}{56} + \frac{24.OA^2}{56} = \frac{72}{56}\,OA^2 = 1{,}2857.OA^2$$

$$CM = \sqrt{1{,}2857 \times OA^2} = 1{,}134.OA$$

De même :

$$OM^2 = b^2 + 2R^2 - 2R^2\cos\alpha - 2bR\sin\alpha$$

$$OM^2 = \frac{6}{8}.OA^2 + \frac{OA^2}{8} - \frac{OA^2}{8} \times \frac{1}{7} - 2 \times \frac{OA\sqrt{3}}{2} \times 0{,}99$$

$$OM^2 = \frac{7}{8}.OA^2 - \frac{OA^2}{56} - \frac{0{,}99 \times 1.732 \times OA^2}{4}$$

$$OM^2 = \frac{49.OA^2}{56} - \frac{OA^2}{56} - \frac{14 \times 0{,}99 \times 1.732 \times OA^2}{56}$$

$$OM^2 = \frac{48}{56}.OA^2 - \frac{24}{56}.OA^2 = \frac{24}{56}OA^2 = 0{,}428.\,OA^2.$$

$$OM = \sqrt{0{,}428.\,OA^2} = 0{,}654.\,OA.$$

La valeur maximum de $\frac{CM}{OM}$ est donc :

$$\left(\frac{CM}{OM}\right)_{max.} = \frac{1{,}134}{0{,}654} = 1{,}734$$

Enfin pour clore toute cette série de calculs et en tirer des résultats pratiques, nous allons rechercher les valeurs de r et de λ qui donnent $\frac{CM}{OM}$ maximum :

Nous avons obtenu précédemment :

$$\frac{MN}{AM} = \frac{d}{2\sqrt{\rho^2 + \lambda^2\omega^2}}$$

et nous avions vu que la première condition était :

$$\varphi = \frac{\pi}{2}$$

qui ne peut être réalisée que pour $\rho = O$.

On a alors :

$$\frac{r}{2\lambda\omega} = \frac{MN}{AM}$$

sur la figure 19, dans le triangle P M N, on a :

$$\overline{MN}^2 = R^2 + R^2 - 2R^2\cos\alpha.$$

$$\overline{MN}^2 = 2R^2(1 - \cos\alpha) = 2R^2\left(1 - \frac{1}{7}\right)$$

$$\overline{MN}^2 = \frac{12}{7} R^2$$

d'où :

$$MN = \sqrt{\frac{12}{7}} R = 1{,}309\ R$$

pour la même raison, dans le triangle M P A :

$$\overline{MA}^2 = R^2 + R^2 - 2 R^2 \cos(\pi - \alpha).$$

Or $\cos(\pi - \alpha) = -\cos\alpha.$

d'où :

$$\overline{MA}^2 = 2 R^2 (1 + \cos\alpha) = 2 R^2 \left(1 + \frac{1}{7}\right) = \frac{16}{7} R^2$$

enfin :

$$MA = \sqrt{\frac{16}{7}}.\ R = 1{,}511\ R$$

On a donc :

$$\frac{MN}{MA} = \frac{1{,}309}{1{,}511} = 0{,}866 = \frac{r}{2\lambda\omega}$$

d'où : $r = 0{,}866 \times 2\lambda\omega = 1{,}732\ \lambda\omega$

Donc, pour avoir le maximum de netteté dans cette expérience, il faut que $r = 1{,}732.\ \lambda\omega$ et dans ces conditions, la tension aux bornes de la lampe branchée sur la phase en retard est 1,734 fois plus grande que celle aux bornes de l'autre lampe.

Nota. — Nous donnons ci-dessous la fig. 11 qui n'avait pas été placée *in-fine* dans la première partie de cette étude.

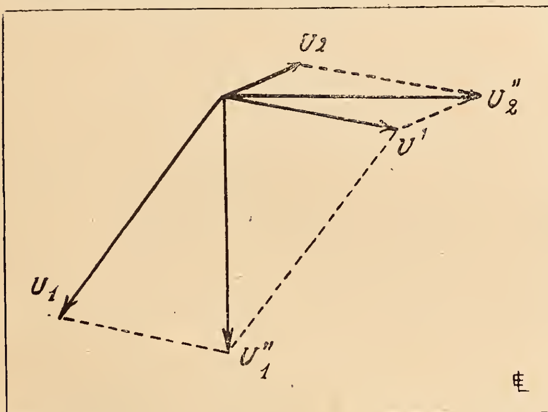


Fig. 11.

9. CONCLUSIONS.

Nous avons décrit les moyens pratiques qui permettent de trouver facilement le sens de rotation des phases d'une installation polyphasée. La méthode la plus générale et la plus simple est, sans contredit, la dernière ; on pourra l'appliquer partout. On démontrera ainsi que, pour le courant diphasé fourni par la C. P. D. E. à Paris, c'est la phase I (bleu, blanc) qui est en arrière de 90° sur la phase II (rouge, noir). Quels que soient les conducteurs sur lesquels nos lampes sont branchées, la conclusion restera la même, on constatera que le bleu est en retard sur le rouge, lui-même en retard sur le blanc qui est en arrière de 90° sur le noir, etc.

Si on utilise une self variable dans d'assez grandes limites, on verra les éclairements relatifs des lampes varier, mais *toujours* la lampe branchée sur la phase en arrière éclairera plus que la lampe branchée sur la phase en avant. Cette différence de luminosité passera par un maximum que l'on peut prévoir par le calcul ainsi que nous l'avons fait.

Tous ces renseignements, de même que ceux que nous avons donnés dans les numéros du 15 et du 30 octobre 1919, vont nous permettre de repérer complètement les installations polyphasées les plus compliquées. Nous nous proposons même de donner ultérieurement un exemple concret de l'application de tous ces principes au repérage et à la vérification, avant mise en service d'une installation comportant un grand nombre d'appareils de mesure et de commande ; nous suivrons ensemble la marche de toutes les opérations en éliminant successivement toutes les difficultés qui surgiront. Nous espérons ainsi que cet exemple, un des plus complexes que l'on puisse choisir, mettra bien en relief l'utilité du repérage préliminaire et montrera que les théories que nous avons exposées ne sont pas uniquement des distractions techniques à l'usage des ingénieurs spécialisés en mesures électriques, mais correspondent, au contraire, à une nécessité. Les exploitants ont malheureusement, jusqu'à ces temps derniers, négligé d'envisager cette question.

E. François,
Ingénieur électricien (MA. SIEF)

++

Le Transport de force à grandes distances

par... le gaz.

++++

La possibilité du transport de force motrice par le gaz provenant de la houille et produit directement dans les charbonnages est étudié par le *Times Engineering Supplement.*

Il propose de remplacer les grandes centrales électriques par de grandes centrales à gaz, dans le but de supprimer les frais de transport de la houille, résultat qui serait obtenu aussi bien, sinon mieux, paraît-il, que par l'électricité.

L'avantage de ce procédé serait une utilisation plus rationnelle et plus complète du charbon ; elle serait aussi plus économique, puisqu'elle permettrait à la fois le transport de la lumière, de la chaleur et de la force motrice.

Enfin, les calculs faits permettent d'espérer que l'espace d'un an suffirait à l'amortissement des canalisations nécessaires à l'installation.

La lutte continue. Le gaz, la concurrence, avis aux électriciens !... R. S.

NOTES SUR LA TÉLÉGRAPHIE (*suite*) (1)

Le combinateur en télégraphie rapide.

Le combinateur à deux voies. — Serrure de Bramah. — Fonctionnement du combinateur. — Impression sur feuilles. — Organes à marche rapide. — Principe du multiplage.

CODE MORSE ET CODE BAUDOT

Le principal avantage du Code Baudot à cinq signaux sur le code Morse, c'est qu'il permet l'envoi d'un plus grand nombre de lettres pour un nombre de signaux donnés ; mais un autre avantage considérable, c'est que le nombre des signaux élémentaires entrant dans la constitution d'une lettre est uniformément le même, puisqu'il est égal à cinq. On conçoit toutes les facilités mécaniques qui en résultent ; on peut employer des organes à mouvement périodique comme des roues. Dans un perforateur pour les signaux du code Morse, il faut faire progresser le papier de longueurs proportionnelles au nombre de temps compris dans les signaux de la lettre, d'où la nécessité d'un organe enregistrant dans sa mémoire ces divers nombres de temps pour mesurer après chaque perforation le nombre de pas élémentaires qu'il convient de faire parcourir à la bande. Et comme celle-ci doit ainsi procéder par bonds inégaux, que de précautions ne faut-il pas prendre pour ménager sa fragilité !

ORDRE DE SÉQUENCE DANS LE COMBINATEUR A DEUX VOIES

Mais pourquoi la lettre M (que j'ai prise pour exemple) va-t-elle se loger au secteur n° 12 et non au secteur n° 11 qui est le nombre représenté par les signaux réels, du moins dans l'interprétation que l'on peut leur donner dans la numération binaire ? Qu'est-ce qui empêchait de classer les signaux dans l'ordre numérique naturel ? La raison, c'est que Baudot les a rangés dans un ordre tel que les signaux successifs se mordent la queue, chacun commence par les quatre signaux élémentaires qui terminent la lettre précédente. On obtient ainsi la combinaison ci-après :

0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1 1 0 0 1
BL /// R F V L Q N P D O Z K B I É
1. 3. 7. 14. 29. 27. 23. 15. 31. 30. 28. 25. 19. 6. 12. 24.

1 0 0 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 0 10000
t BL S M C W H T G U X J Y E A
17. 2. 5. 11. 22. 13. 26. 21. 10. 20. 9. 18. 4. 8. 16.

Voici la signification de ce tableau. La lettre Q est placée au-dessous du chiffre 1 qui commence une combinaison de cinq chiffres qui est 1 0 1 1 1, laquelle, en numération binaire, vaut 16 + 4 + 2 + 1 = 23, c'est le nombre marqué au-dessous de Q ; la lettre Q est formée par les émissions successives de courants d'égale durée dont les polarités sont : + — + + +.

Remarquons que les diverses lettres reproduisant les nombres naturels écrits dans la numération binaire 1 = 00001, 2 = 00010, 3 = 00011, etc., jusqu'à 31 = 11111, il y a en tout, si on compte zéro, trente-deux = 100000 combinaisons.

UN PROBLÈME DE COMBINAISONS

Avant d'aller plus loin, faisons une petite digression : la combinaison ci-dessus, qui est déterminée par la condition que chaque lettre s'emmanche dans le précédente, de façon qu'il y ait quatre éléments communs, est-elle unique ?

Elle ne l'est certainement pas, car on aura une combinaison de même nature, si l'on change 0 en 1 et 1 en 0, si l'on prend l'image de la combinaison par rapport à l'un de ses éléments, ce qui donne une suite symétrique de la première. Enfin on peut envisager la combinaison ci-après :

0 0 0 0 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 0 1 0 0
0. 1. 2. 5. 10. 21. 11. 22. 13. 26. 20. 9. 18. 4. 8. 17. 3. 6.
BL BL S G T M C W H U X J Y E t /// B

0 1 1 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1 1 0000
12. 25. 19. 7. 14. 29. 27. 23. 15. 31. 30. 28. 24. 16.
I Z K R F V L Q N. P. D. O. È. A.

Et de cette nouvelle combinaison on peut essayer de tirer de nouvelles solutions, par des substitutions convenables ou par symétrie.

On peut se demander s'il y a une méthode pour trouver toutes les combinaisons possibles et s'il y a un moyen d'en déterminer le nombre. Je crois que, jusqu'à ce jour, le problème n'est pas résolu.

Voici comment j'ai obtenu la combinaison précédente ; je suis parti de la combinaison zéro et j'ai pris pour principe de passer toujours d'un nombre pair à un nombre impair et réciproquement et de ne me départir de cette règle que si je devais retomber ainsi sur un nombre déjà obtenu.

On remarquera que la combinaison commence et finit par des zéros. Cela pourrait avoir d'huc-

---

(1) Voir l'*Electricien* 1er et 15 février, 15 mars 1920.

reuses conséquences, car en reportant ces nombres sur une circonférence, les chiffres du commencement et ceux de la fin se trouvant en coïncidence, on gagnerait quelques secteurs.

J'en avais fait jadis l'observation à M. Baudot ; mais il me fit remarquer que dans son traducteur, tel qu'il l'avait constitué, il avait besoin d'un secteur mort. C'est pendant le passage de ce secteur mort au-dessous de la clé sélective que s'effectue l'aiguillage des chercheurs de cette clé, dont nous allons parler.

SERRURE DE BRAMAH

Le mécanisme de sélection est de tout point analogue à celui qui a été imaginé pour les serrures à combinaison par le célèbre mécanicien anglais Joseph Bramah.

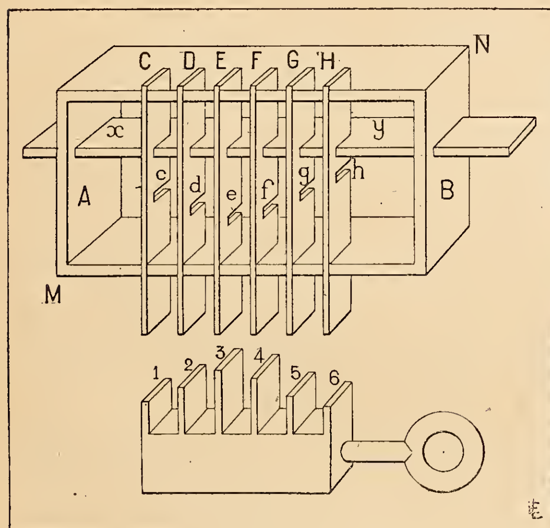


Fig. 1.

M. Curtel s'exprime ainsi :

« Soit (fig. 1) un cadre rectangulaire MN dans les deux petits côtés duquel on a pratiqué deux rainures A B, dans lesquelles se meut horizontalement un pêne *xy*. Si, sur chacun de ces grands côtés, on fait six entailles C D E F G H et qu'on place dans chacune d'elles une lame d'acier qui puisse se mouvoir librement et presque sans jeu dans les entailles, le pêne *xy* ne pourra avoir aucun mouvement en avant ou en arrière, si ces lames se trouvent engagées dans autant d'entailles qu'on en a pratiqué dans sa longueur, vis-à-vis de chacune des lames. Mais si ces lames portent à différentes hauteurs des entailles *c d f g h* de la même profondeur dont elles s'engagent dans le pêne, celui-ci sortira avec facilité, quand on aura élevé toutes ces lames, de manière à ce que les entailles qu'elles portent se trouvent dans la ligne horizontale que parcourt le pêne.

« On produit cet effet d'un seul coup en employant une clé 00, dont les pannetons 1 2 3 4 5 6 sont tous de longueur inégale, chaque longueur corrrespondant à la distance où les entailles des lames se trouvent du pêne *xy*. »

Il est aisé, d'après cela, de se rendre compte du fonctionnement, non seulement du traducteur Baudot, mais encore des traducteurs de Donald Murray et de la Western Electric Cy.

C'est le même principe, celui de Bramah, qui y est appliqué sous des formes diverses.

APPLICATION A LA TELEGRAPHIE

Il y a pourtant en télégraphie une difficulté nouvelle à surmonter.

Admettons que la serrure ait ses encoches combinées de façon à ne s'ouvrir que si l'on emploie la clé dont les pannetons reproduisent la combinaison caractéristique de la lettre M, encore faudra-t-il que nous essayions dans la serrure toutes les clés et c'est seulement au tour de la bonne clé, de la clé M, que la serrure s'ouvrira.

On pourra dire alors de la serrure, qui a à palper successivement les pannetons des diverses clés, que ses organes sont des chercheurs qui cherchent la bonne combinaison, pour vous apprendre quelle est la lettre pour laquelle elle est préparée.

Chaque groupe de cinq signaux reçus agit sur la serrure et la prépare pour une clé donnée ; quand celle-ci passe dans la serrure, le déclanchement se produit et l'impression de la lettre correspondante s'effectue.

L'organe qui constitue la serrure est formé par cinq électro-aimants dits aiguilleurs, puis par les cinq leviers chercheurs, dont les axes sont engagés dans une platine commune. Ces axes peuvent être déplacés longitudinalement par le jeu de la came-navette, si l'aiguilleur correspondant a été actionné. Quant au groupe des clés, il est formé par l'ensemble des deux disques combinateurs conjugués.

FONCTIONNEMENT DU COMBINATEUR

Il n'entre pas dans notre plan de donner une description détaillée de ces organes ; on la trouvera bien mieux faite que nous ne saurions la faire nous-même soit dans le télégraphe multiple Baudot de Y Caminade et Naud, soit dans le cours d'appareils Baudot de Poulaine et Faivre. Je ne puis toutefois m'empêcher de donner une idée du fonctionnement.

L'ensemble des clés qui doit défiler devant la serrure constitue la roue traductrice, formée de deux disques combinateurs conjugués. Ceux-ci,

sur une partie de leur périphérie, environ les 35/40es, portent des encoches convenablement disposées; sils sont virtuellement divisés en autant de secteur que j'ai écrit de chiffres, et l'un des disques a une encoche à tous les secteurs correspondant au chiffre significatif 1, tandis que l'autre disque est évidé sur tous les secteurs correspondant au chiffre zéro. Les jantes des deux disques forment ainsi sur une grande partie de leur pourtour deux voies séparées par une cloison, l'une dite voie de travail, l'autre, voie de repos, complémentaires l'une de l'autre.

Le jeu de la came-navette a consisté, pendant les 5/40es restants de la circonférence, à engager sur la voie de travail les extrémités des leviers chercheurs, qui, par le jeu des aiguilleurs actionnés, se sont trouvés sur son chemin. De cette manière, le pied d'un levier chercheur déplacé trouvera une encoche là où, autrement, il aurait trouvé un appui.

Or, le levier de déclenchement, sollicité par un ressort, s'appuie sur un levier propulseur, lequel s'appuie sur la tête du premier levier chercheur, lequel s'appuie à son tour sur la tête du deuxième levier chercheur et ainsi de suite jusqu'au quatrième levier chercheur, qui s'appuie sur la tête du cinquième et dernier, et ce dernier chercheur basculerait, si, à ce moment même, il ne prenait point d'appui sur un secteur plein d'un des disques combinateurs. En ce cas il retiendrait tous les autres chercheurs et bloquerait le levier propulseur.

Mais en admettant que les derniers chercheurs ne soient pas soutenus, il suffit qu'un de ceux qui les précèdent le soient, un seul, dis-je, et le levier de déclenchement sera encore immobilisé.

Seulement, au moment où la combinaison de pleins et d'encoches qui porte en elle le « Sésame, ouvre-toi » arrive à défiler sous les pieds des leviers, à ce moment précis, ils se trouvent tous simultanément au-dessus d'encoches, les têtes chancellent et le levier propulseur bascule, pas pour longtemps; à peine la combinaison critique a-t-elle passé, que quelques-uns des chercheurs se trouvent de nouveau rappelés et le levier de déclenchement aussi avec toute la rudesse qu'apporte à ses fonctions un mécanisme en rotation uniforme; c'est ce lancé qui a été utilisé par Baudot pour l'accomplissement du déclenchement de l'impression.

Cette impression s'effectue sur une bande.

AVANTAGES DE L'IMPRESSION SUR FEUILLES

Je ne crois pas qu'il existe un mécanisme plus parfait que celui du traducteur Baudot du modèle dit squelette, à la fois léger, robuste et rapide d'action.

Cependant est-il appelé à disparaître? Ou tout au moins à subir une transformation profonde ? C'est ce dont il est menacé par les défenseurs de l'impression sur feuilles.

Il faut, en effet, remarquer que l'appareil Rowland, l'appareil Murray, l'appareil de la Western Electric impriment, tous, les télégrammes sur des feuilles de papier et non pas sur des bandes.

Si l'on ne consulte que le public, il n'y a pas de doute : il faut délivrer des télégrammes imprimés à la machine à écrire sur des feuilles de papier ordinaire; ces feuilles sont plus propres, plus souples, de format plus facile à classer. Là où l'Administration des télégraphes a une concurrence à redouter, elle choisira évidemment l'impression sur feuilles.

Si l'on s'adresse au télégraphiste, c'est différent : la colle est un gros ennui; mais maintenant on a des bandes gommées à l'avance; le travail de collage des bandes sur les formules est minime dans l'ensemble du travail imposé à l'agent réceptionnaire; seulement, il resterait à savoir si une partie du travail ne pourrait être simplifiée par des timbres horaires et des cachets individuels, comme en Amérique. Si l'on reçoit en feuilles, dit-on encore, l'adresse doit être retranscrite sur une enveloppe. Ici, je proteste, il suffit de plier le télégramme reçu de façon à séparer les lignes de l'adresse des lignes du texte et d'insérer le télégramme ainsi plié dans une enveloppe à fenêtre, la fenêtre étant une fenêtre longue et mince au bas de l'enveloppe; c'est ce qui se fait à New-York.

Cependant je tomberai d'accord sur les points suivants, c'est qu'il faut un signal de changement de ligne et que ce signal doit être répété un certain nombre de fois. Mais il n'a pas besoin d'être répété un nombre de fois égal au nombre de lignes à laisser en blanc au bas de la feuille, car l'opératrice, entendant le fonctionnement caractéristique de changement de lignes se répéter en un roulement continu intervient aussitôt pour tirer la longueur de feuille convenable et pour couper la colonne à la hauteur voulue, par retournement sur le couteau qui guide le papier continu. Ceci suppose, il est vrai, que l'employé réceptionnaire soit toujours à son travail, l'esprit en éveil, toute la personne en activité; tandis qu'une bande continue, il peut la laisser se dérouler à son aise, pour ne s'occuper d'elle qu'à son heure; mais c'est là justement, si le fait se répète, une fâcheuse tendance, contre laquelle il faut réagir.

C'est justement parce que le télégraphiste y est tenu en haleine, que la réception au son l'emporte sur la lecture de la bande.

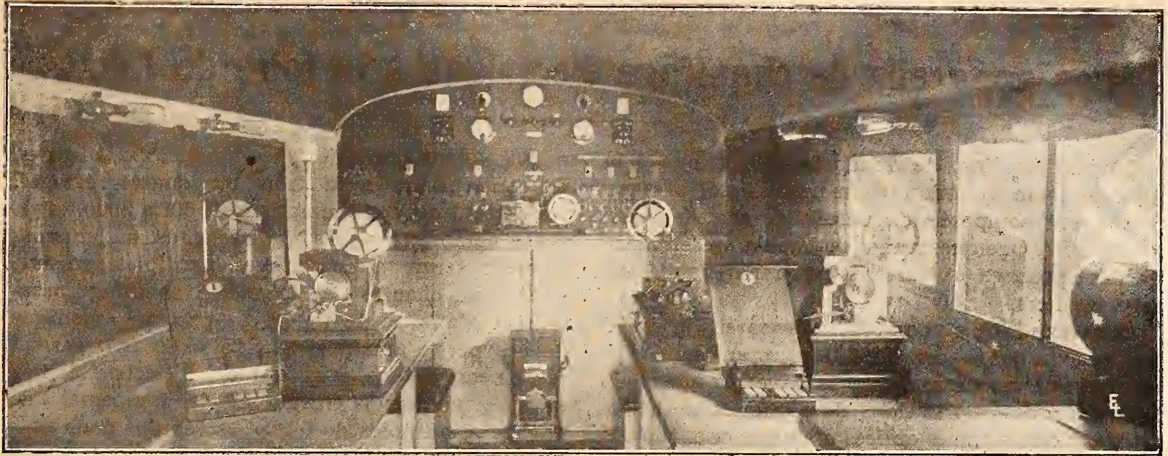


Fig. 2. — Voitures télégraphiques d'armée. Postes quadruples Baudot installés dans des remorques.

Quant aux rectifications, il m'a semblé que la plupart du temps elles s'effectuaient proprement avec un coup de gomme et un crayon spécial. Il n'y avait donc pas apparence de rature.

On objectera encore qu'un télégramme, en France, se distingue au premier coup d'œil, par la couleur de la formule : en télégramme de transit, s'il est rose; de service, s'il est jaune; de mandat, s'il est vert, d'arrivée, s'il est bleu ; mais cet avantage pourrait être en partie conservé, si l'on collait une étiquette de couleur sur les télégrammes spéciaux.

La discussion ne me paraît pas terminée, d'une façon décisive, en faveur de l'un ou de l'autre système.

DISTINCTION DES ORGANES RAPIDES ET DES ORGANES A MARCHE LENTE

En tous cas, le traducteur Baudot pourrait très bien subsister à peu près tel quel ; au lieu de produire l'impression de la lettre M, par exemple, il suffirait que le déclenchement eût pour effet l'envoi d'un courant dans l'électro-aimant M d'une machine à écrire ; cet électro actionnerait le levier porteur de la lettre M ou la touche correspondante. Quant à la nécessité de régler son action d'une façon pratique, c'est une question d'électrotechnique sur laquelle je n'insiste pas.

Je ne crois pas que ce dispositif ait déjà été essayé.

Jusqu'à présent, je n'ai pas fait ressortir un trait particulier du traducteur Baudot, qu'il importe de mettre en lumière, parce que nous retrouvons ce même caractère dans certains dispositifs fondamentaux des appareils automatiques de commutation, dans les bureaux centraux mécaniques.

C'est celui-ci : les organes se divisent en organes enregistreurs et organes traducteurs, les uns à fonctionnement rapide, délicats et légers, les autres à fonctionnement différé et lent, robustes et lourds. Dans un bureau semi-automatique, par exemple, la téléphoniste ne cesse de recevoir des demandes, mais pour satisfaire l'une de ces demandes de mise en communication, il faut que des organes chercheurs aient tâté des centaines de combinaisons pour aiguiller sur l'abonné demandé le dicorde de jonction. C'est pourquoi elle dispose de deux enregistreurs ; ces organes obéissent instantanément et ils mettent aussitôt en jeu les organes d'exécution ; pendant cette opération, la téléphoniste peut enregistrer le numéro d'un autre abonné demandé sur un second enregistreur ; son travail d'inscription des commandes reçues ne se trouve donc pas ralenti par les délais nécessaires à l'exécution de chacune. Un dispositif de ce genre, employé dans l'appareil imprimeur rapide de Siemens et Halske, fait correspondre à un seul relais récepteur deux séries de relais imprimeurs mises en jeu alternativement après chaque groupe de cinq signaux reçus.

PRINCIPE DU MULTIPLAGE

De même, selon le principe posé par Meyer, un Français, le père des appareils multiples, on peut enregistrer rapidement dans les aiguilleurs la combinaison à recevoir et laisser au traducteur un tour entier pour le transformer en une impression. Pendant l'accomplissement de ces fonctions, la ligne télégraphique sera disponible pour les transmissions échangées entre d'autres correspondants.

On retrouve ce même principe dans les presses à imprimer à platine de Napier, qui sont des machines multiples.

Pomey J.-B.,
Ingénieur en chef des P. T. T.

Les appareils de chauffage électrique à la foire de Lyon.

La participation de l'industrie électrique à la foire de Lyon (réunion de mars) a été presque totalement composée d'appareils de chauffage par l'électricité. Quelques stands seulement présentaient de l'appareillage et surtout des appareils d'éclairage de luxe.

Cette exposition abondante d'appareils jusqu'ici très peu connus, — en France tout au moins, — est du meilleur augure pour le développement de la branche des applications domestiques de l'électricité. Nous sommes obligés d'avouer que, jusqu'à présent, notre pays est resté très en arrière dans cet ordre d'idées. Depuis plusieurs années on se sert couramment, non seulement en Amérique, mais aussi en Angleterre, en Allemagne, et même en Italie et en Espagne, des nombreux petits appareils utilisant l'électricité dans la maison : radiateurs, chauffe-plats, chaufferettes, balais et brosses mécaniques, machines à laver, fers à repasser, etc. Sans doute le prix généralement élevé du courant en France est un certain obstacle à l'utilisation de ces appareils, mais il faut observer que dans ces applications, contribuant au bien-être domestique, le prix de revient n'est pas aussi rigoureusement considéré que pour les usages industriels. Quelques efforts de vulgarisation de la part des constructeurs, et surtout des Compagnies de distribution d'électricité, développeraient facilement une branche d'utilisation aussi favorable aux producteurs qu'aux consommateurs. Les secteurs y trouveront une vente avantageuse à des heures creuses (repas ou soirée après la sortie des ateliers et des magasins), et le public ne regardera pas trop à la dépense en regard du confort et du bien-être procurés sans conteste par le chauffage électrique.

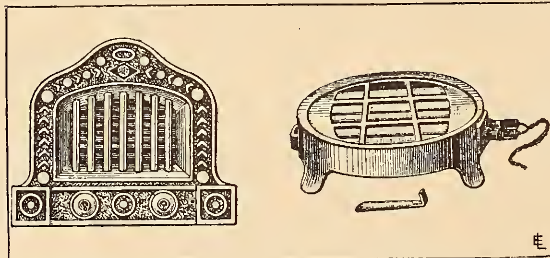


Fig. 1. — Radiateur à tubes de quartz. Fig. 2. — Cuiseur à usages multiples.

Au point de vue technique, nous remarquons de sérieux efforts de recherches dans la construction, et d'améliorations du rendement des appareils. Les radiateurs, de types lumineux ou obscurs, se construisent avec trois ou quatre réglages, permettant des consommations de 600 à 3000 watts.

De nombreux types de réchauds ou *cuiseurs* peuvent servir à des usages multiples : cuisine, grille-pain, chauffe-plat et même chauffage occasionnel d'une petite pièce. Le prix très modique de ces petits appareils (de 25 à 80 fr.), permet réellement à tous ceux qui ont l'électricité d'en faire l'essai pour la cuisine. Un fer à repasser « de voyage », du poids de 1 kilo, est équipé pour trois voltages différents.

Un véritable fourneau-cuisinière électrique en tôle, d'un aspect peu différent des appareils à charbon, marche à quatre réglages de chaleur, avec une consommation totale, four compris, de 1700 watts.

L'ingéniosité des constructeurs français se montre dans des innovations qui font entrevoir des jours heureux pour tous ceux qui ont le souci de la cuisine : un bouilleur électrique se met automatiquement en *veilleuse* dès que le liquide qu'il contient entre en ébullition, de façon à ne plus fournir que la chaleur nécessaire pour continuer la cuisson des aliments.

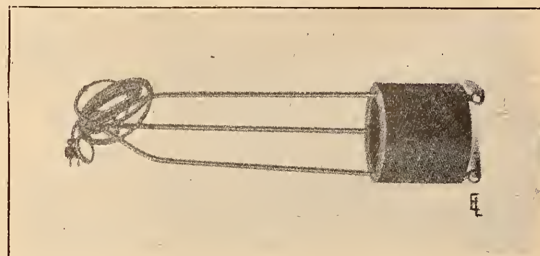


Fig. 3. — Chauffe-bains (à placer verticalement dans la baignoire).

On commence à se servir pour les éléments chauffants de tubes en quartz fondu (fig. 1 et 2); ce procédé permettant d'employer des éléments de toutes dimensions, il est à prévoir que son emploi va se développer.

Le chauffe-bain *Prima*, de construction très simple (fig. 3), chauffe à 30 degrés le bain dans lequel il est plongé en 50 minutes, avec une consommation de 3 kilowatts.

L'usage du chauffage électrique pour produire de la vapeur peut paraître un peu paradoxal.

Cependant la chaudière électrique Mascarini se propose ce but, notamment pour tenir des chaudières de secours sous pression, ou pour utiliser pendant la nuit de l'énergie électrique qui n'aurait pas d'emploi. Le rendement, pour chaudières à 5 kilos de pression, serait le suivant :

1° 3 kw 500 équivalent à 1 kilo de charbon brûlé dans une chaudière à charbon ;

2° 1 kilowatt d'énergie électrique peut développer 1 kilo 3 de vapeur avec chaudière alimentée à l'eau froide.

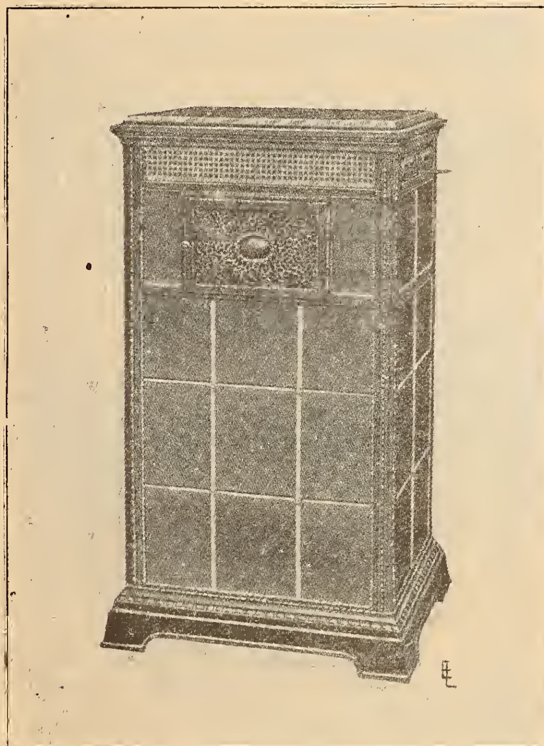


Fig. 4. — Fourneau électrique à accumulation de chaleur.

Une application plus importante, et qui pourrait rendre le chauffage électrique des habitations économiquement possible, est le fourneau électrique à accumulation de chaleur (fig. 4). Des résistances en fils de chrome-nickel, logées dans des plaques de pierre ollaire, chauffent ces plaques qui restituent lentement la chaleur emmagasinée, de sorte qu'un certain chauffage peut être fourni 14 ou 16 heures encore après l'interruption du courant. On pourrait accumuler, après 8 heures de charge environ 16 kilowatts-heure, qui seraient restitués calorifiquement en 16 heures au maximum.

Une utilisation analogne du courant électrique aux heures de faible charge, par exemple la nuit, est réalisée dans l'accumulateur à eau chaude « Cumulus » (fig. 5). Un réservoir *a*, de capacité variable de 100 à 1200 litres, entouré d'une enveloppe calorifuge, est chauffé, la nuit, par un corps de chauffe électrique *b* à tubes, jusqu'à la température de 90 degrés. Un thermo-régulateur *c d* coupe le courant lorsque cette température est atteinte. Un réservoir de 400 litres peut, grâce à son enveloppe isolante, conserver cette eau pendant 12 heures avec une chute de 3 degrés seulement.

Le thermorégulateur-interrupteur règle la mise sous courant ou l'interruption de celui-ci automatiquement, de façon que, pour une petite quantité d'eau chaude consommée, le courant ne circule que très peu de temps. Le même enclenchement automatique peut aussi être commandé par une horloge commutatrice, limitant la consommation de courant aux heures fixées par le secteur électrique pour la vente à prix réduit.

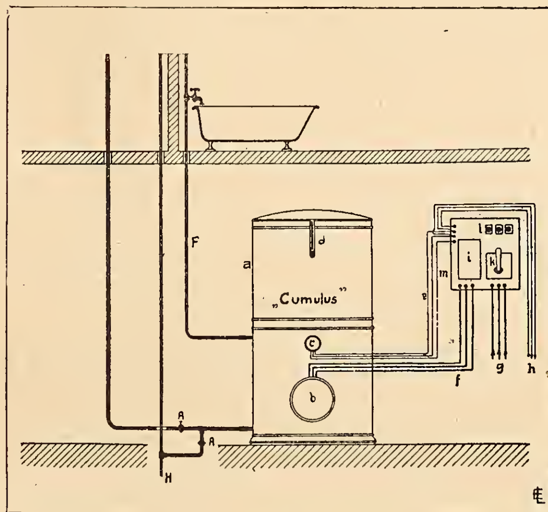


Fig. 6.

Ces installations peuvent être employées, soit pour l'alimentation en eau chaude d'un immeuble (bain, toilette, cuisine), soit pour le chauffage central par circulation d'eau chaude. Il y a là une utilisation d'avenir pour le courant inutilisé la nuit, notamment dans les installations hydro-électriques, et qui, vendu à bas prix au moyen d'interrupteurs horaires, serait la solution idéale du problème du chauffage des habitations.

L.-D. FOURCAULT.

RÉGIME TRANSITOIRE DES AUTORISATIONS
pour l'établissement d'usines hydrauliques.

Les dispositions transitoires appliquées en attendant la mise en application de la loi du 16 octobre 1919 (1) viennent d'être définies par une circulaire du sous-secrétaire d'Etat des forces hydrauliques, en date du 13 février 1920, dont voici les principales stipulations.

I. — *Règles de compétence.*

L'article 30 de la loi du 16 octobre 1919, plaçant toutes les questions de concession de force hydraulique, qu'il s'agisse ou non de cours d'eau du domaine public, dans les attributions de mon département, c'est à mon administration et non plus à celle de l'agriculture que les ingénieurs devront désormais adresser leurs propositions et leurs rapports sur ces questions.

Doivent, aux termes de l'article 2 de la loi, donner lieu à concession, toutes les usines de plus de 500 kw, quel que soit l'objet de l'entreprise, et celles de plus de 150 kw, quand leur objet principal est la fourniture de l'énergie à des services publics de l'Etat, des départements, des communes et des établissements publics, ou à des associations syndicales autorisées.

Toutes les autres entreprises doivent être autorisées par simple arrêté préfectoral ou par décret si elles sont situées sur un canal ou une rivière canalisée.

Dans le cas de simple autorisation, l'instruction se fera au chef-lieu du département et sera dirigée par l'ingénieur en chef du service hydraulique, sous l'autorité du ministre de l'agriculture, pour les cours d'eau non domaniaux, ou par l'ingénieur en chef de la navigation, sous l'autorité du ministre des travaux publics, dans le cas de cours d'eau domaniaux de canaux ou de rivières canalisées.

Pour les usines concédées dont la puissance est plus importante ou qui touchent à des intérêts généraux étendus, en raison de l'influence sensible qu'elles peuvent avoir sur le régime du cours d'eau ou même du bassin, l'instruction sera désormais suivie par le services des grandes forces hydrauliques déjà chargé du plan d'aménagement dudit bassin. Les prescriptions de la circulaire adressée à cet égard aux ingénieurs en chef des ponts et chaussées, à la date du 5 juin 1919, doivent donc désormais s'appliquer, non plus seulement à l'étude des plans d'aménagement, mais également à l'instruction de toutes les demandes en concession.

Il doit être entendu toutefois que l'ingénieur en chef instructeur consultera les autres services intéressés, par voie de conférence, avant de formuler ses propositions définitives.

En conséquence, les ingénieurs en chef du service hydraulique se dessaisiront, au profit des ingénieurs désignés par la circulaire du 5 juin 1919, des dossiers d'instruction de toutes les demandes visant l'établissement, sur les cours d'eau, domaniaux ou non, d'usines hydrauliques devant faire, d'après la nouvelle loi, l'objet d'une concession.

Les dossiers seront transmis avec une note succincte précisant l'état de l'instruction et exposant l'avis de l'ingénieur en chef sur la suite à donner à l'affaire.

Les pétitionnaires seront avisés, par les soins de l'ingénieur en chef du service hydraulique, du transfert d'attributions ci-dessus défini.

II. — *Forme des instructions.*

1° Demandes d'autorisation. — L'instruction des demandes ou autorisation d'usines hydrauliques continuera provisoirement à se faire conformément au décret du 1er août 1905. Toutefois, vous ne prendrez votre arrêté, ou s'il s'agit d'un canal ou d'une rivière canalisée, vous ne transmettrez le dossier au ministre des travaux publics qu'après avoir pris l'avis du conseil général ou de sa commission départementale ;

2° Demandes de concession avec déclaration d'utilité publique sous le régime du décret du 11 avril 1918. — L'instruction des demandes visant la concession, sur les cours d'eau du domaine public, d'usines établies avec déclaration d'utilité publique, continuera provisoirement à se faire sous le régime du décret du 11 avril 1918 ;

3° Autres demandes relatives à des usines concessibles et ayant donné lieu à un commencement d'instruction, en vue de la délivrance d'une autorisation. — Les ingénieurs en chef instructeurs feront compléter les dossiers des demandes autres que celles visées au paragraphe ci-dessus de telle sorte que ces dossiers comprennent :

1° Un extrait de carte à l'échelle de 1/50 millièmes ou de 1/80 millièmes de la région où doit se faire l'entreprise ;

2° Un plan sommaire des lieux et des ouvrages projetés ;

3° Le profil en long de la section du cours d'eau intéressé par les travaux, ainsi que celui de la dérivation ;

4° Une note indiquant, avec calculs à l'appui, la puissance maximum et la puissance normale de la chute ;

5° Un mémoire descriptif indiquant : *a*) les dispositions principales des ouvrages les plus importants et les changements présumés que l'exécution des travaux et l'exploitation de l'usine pourront apporter au niveau et au régime des eaux, soit en amont, soit en aval ; *b*) l'évaluation sommaire des dépenses d'établissement ainsi que celle des dépenses et des recettes d'exploitation ;

6° Eventuellement le tableau parcellaire des terrains pour l'acquisition desquels le demandeur sollicite la déclaration d'utilité publique ;

7° Les conventions ou accords qui peuvent être déjà intervenus entre le demandeur et les collectivités visées à l'article 10, 6°, de la loi du 16 octobre 1919, soit au point de vue financier, soit à celui des réserves en eau ou en force ou lorsque l'acte de concession par application de l'article 6 de la loi précitée accorde une réparation en nature pour le payement des droits exercés ou non ;

8° Les réserves en eau et en force à prévoir, s'il y a lieu, au profit des services publics de l'Etat, ainsi qu'à celui des départements, des communes, des établissements publics ou des associations syndicales autorisées et des groupements agricoles d'utilité générale ;

9° S'il y lieu, un projet de tarif maximum de prix à percevoir par l'exploitant pour la vente de l'énergie ;

10° Au cas où le demandeur entend bénéficier des dispositions de l'article 7 de la loi du 16 octobre 1919, une note exposant les motifs et indiquant le chiffre de la subvention ou de l'avance sollicitée ;

11° Les dessins des principaux ouvrages, ainsi que tous renseignements techniques et justificatifs à l'appui ;

12° Un projet de cahier des charges.

On appliquera jusqu'à nouvel ordre le type de cahier des charges et de convention adopté par mon administration pour les concessions récemment accordées (concession de Beamont-Monteux, décret du 25 octobre 1914. Concession de Pont-d'Ain-Priay, décret du 6 juin 1918. Concession de Sisteron, décret du 4 septembre 1919). Il conviendra toutefois de tenir compte dans la rédaction de ces cahiers des charges des prescriptions nouvelles de la loi, notamment en ce qui concerne les clauses financières, les réserves pour services publics et les quantités d'énergie à laisser, le cas échéant, à la disposition des conseils généraux (art. 10, 6° et 7°, de la loi.)

Le dossier sera établi en double exemplaire lorsqu'il s'agira d'une usine à installer sur un cours d'eau non domanial.

Ce dossier me sera transmis par l'ingénieur en chef instructeur avec des propositions motivées en ce qui touche la suite à donner à l'affaire. Le rapport de l'ingénieur en chef instructeur fera ressortir l'état auquel avait abouti l'instruction de la demande primitive du pétitionnaire.

En cas de demandes concurrentes intéressant une même section de cours d'eau, l'ingénieur en chef indiquera celle qu'il estime devoir être retenue comme assurant, notamment, la meilleure utilisation des eaux et précisera les raisons qui lui paraissent justifier ce choix.

Je me réserve d'indiquer, en réponse aux diverses transmissions que je recevrai ainsi des ingénieurs en chef, la suite à donner à chaque affaire.

4° Demandes relatives à des usines concessibles n'ayant encore donné lieu à aucun commencement d'instruction. — Pour les demandes qui, sous l'empire de la législation en vigueur avant la loi du 16 octobre 1919, n'avaient donné lieu à aucun commencement d'instruction, il sera procédé comme il est indiqué au paragraphe 2 ci-dessus, sauf que le premier dossier à me fournir ne comprendra que les pièces énumérées jusqu'au 10° inclus.

La procédure transitoire que je viens d'indiquer permettra de poursuivre, en se conformant aux dispositions légales nouvelles, l'instruction des affaires en cours, ou de commencer l'examen des demandes en concession dont l'administration peut être saisie, sans attendre l'intervention des règlements d'administration publique.

Aucune affaire ne devra donc être arrêtée ni suspendue du fait de la promulgation de la loi.

Inventions. — Appareils et procédés nouveaux.

MANDRIN ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE.

Dans ce mandrin électro-magnétique (fig. 1), une série de longues barres peu espacées 8 font saillie vers le haut de la surface du plateau 7 qui ne fait qu'un avec la partie supérieure d'un noyau 6. Un cadre 2 formant pièce polaire entoure les barres 8 et se compose d'une série de barres 4 convenablement espacées. Le plateau 7 et les barres 8 sont séparées des pièces polaires 2 et des barres 4 par de la matière non magnétique 10. Un socle 12 constitué d'une matière magnétique forme un assemblage rigide entre les pièces polaires et le noyau qui est entouré par une bobine 14. La figure montre que la pièce polaire est de forme rectangulaire et que les deux noyaux comprennant deux parties rectangulaires 7 sont situés dans ces pièces.

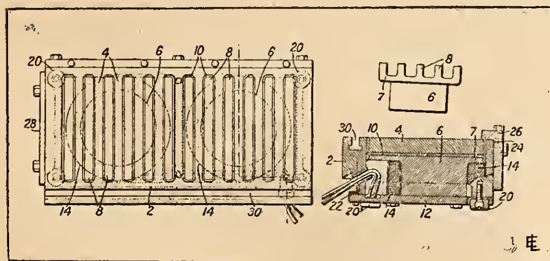


Fig. 1

Le mandrin peut cependant avoir plus de deux noyaux selon la longueur des pièces à usiner. Les pièces polaires, d'ailleurs, peuvent être annulaires et s'adapter à un mandrin de la forme décrite dans le n° 132.543 ; les barres des pièces polaires et des noyaux sont dans ce cas radiales. Le mandrin peut être isolé magnétiquement de la machine par des pièces non magnétiques 20 ou par des pièces 22 si l'on emploie des agrafes de fixation ; il peut être aussi revêtu de bandes isolantes 24, 26, 28 et d'une rainure 30 qui peut être utile pour fixer la pièce à travailler à l'aide d'agrafes au cas où elle ne serait pas magnétique. (Br. Angl. 135.000.)

M. M.

RÉSISTANCE DE CHAUFFAGE A ÉLÉMENTS DÉMONTABLES.

Un support destiné à supporter les résistances de chauffage se compose d'une section transversale C (fig. 2) donnant naissance à des saillies *k* s'inclinant alternativement en sens opposé. Le fil *x* est roulé longitudinalement et les plaques terminales *e* sont interchangeables. Les extrémités *a* sont renforcées par des tasseaux *i* et les parties voisines *b* possèdent des saillies longitudinales *j*. Les plaques de contact *e* sont en forme d'U et sont montées à la partie supérieure ou inférieure des éléments ; ces éléments peuvent être fixés par des supports passant au travers des trous *b*. Plusieurs éléments ainsi constitués peuvent être montés côte à côte et retenus par des boulons. Dans une variante, les sections peuvent être placées longitudinalement et les fils enroulés transversalement. (Br. Angl. 134.930.)

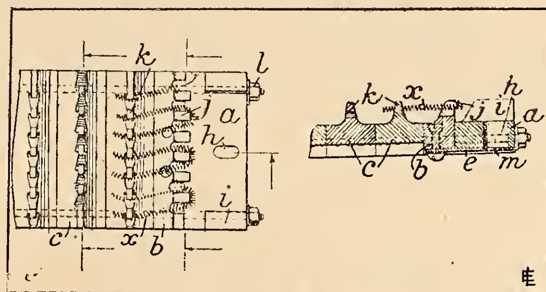


Fig. 2.

M. M.

TRANSFORMATEURS A CLAIRE-VOIE.

Les bobines des transformateurs sont maintenues en place au moyen de cadres à claire-voie qui permettent un refroidissement central constant. La figure 3 représente trois éléments ainsi constitués. Les boulons de fixation passent au travers des butées maintenues aux culasses par des boulons. Les ouvertures *g* sont placées sur les passages réservés au refroidissement des bobines. Les pièces à claire-voie *i* en forme d'arches possèdent des rebords et des boulons de retenue *n* destinés à maintenir les conducteurs dans leur position normale. B.(Fr. Angl. 133.727.) M.M.

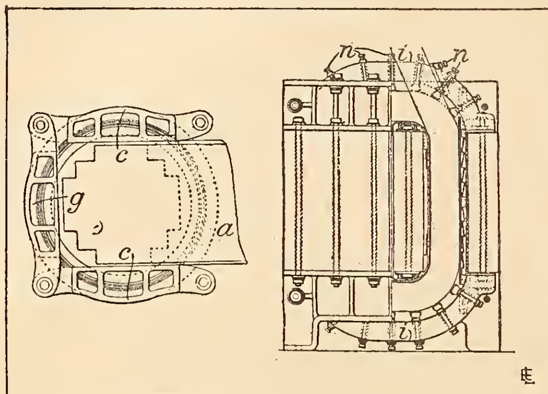


Fig. 3.

DÉMARREUR A IMPÉDANCE.

Une bobine d'impédance destinée au démarrage des moteurs à courant alternatif se compose (fig. 4) d'un noyau feuilleté 17 sur lequel sont enroulées les bobines primaires 11, 12, 13 connectées à chacune des phases du rotor 10.

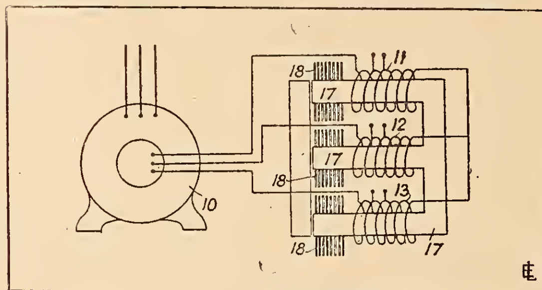


Fig. 4.

Les circuits secondaires sont constitués par des rondelles de métal ou disques 18 qui sont amovibles.

La variation de l'impédance est obtenue par l'adjonction de disques ou par leur déplacement.

Le circuit magnétique de la bobine peut comprendre un entrefer variable. (Br. Angl. 133.751.) M. M.

L'ÉCOLE DE L'ÉLECTRICIEN

Enseignement pratique de l'électricité industrielle.

Nous rappelons que dans le but d'intéresser d'une façon particulière les lecteurs de cet enseignement à un travail suivi, qui puisse leur être réellement profitable, nous avons ouvert entre eux un **CONCOURS**, *doté de* **PRIX**.

Des **MENTIONS** seront en outre délivrées à tous les participants dont les envois auront obtenu une moyenne au moins égale à la note 14. Nous invitons tous nos lecteurs à nous adresser, dans le délai d'un mois, les solutions des problèmes proposés. Des *mentions* seront décernées à tous ceux qui auront obtenu une moyenne d'au moins 14 pour un nombre de problèmes dont le minimum sera déterminé par le jury du concours.

Sommaire : *Magnétisme, aimants. — Polarité. — Champ magnétique. — Loi de Coulomb. — Saturation magnétique. — Exercices et problèmes proposés aux lecteurs.*

§ 19. MAGNÉTISME. AIMANTS.

Le magnétisme est la propriété que possèdent certains corps appelés aimants, d'attirer le fer, l'acier, la fonte, etc.

On l'a identifié avec l'électricité, car il est la traduction de certains phénomènes électriques, comme la transformation en aimant d'un noyau de fer autour duquel circule un courant électrique. L'étude du magnétisme est donc liée à celle de l'électricité ; à ce titre, et pour faciliter la compréhension de la suite, nous donnerons quelques notions indispensables de magnétisme.

§ 20. PROPRIÉTÉS MAGNÉTIQUES DE QUELQUES MÉTAUX.

Les métaux possédant la propriété d'être attirés par un aimant sont appelés métaux magnétiques. Certains, comme l'acier, peuvent eux-mêmes devenir des aimants ; nous verrons pourquoi.

Il existe des aimants naturels, assez rares, d'ailleurs, constitués par un minerai, l'oxyde magnétique de fer. Les aimants artificiels, constitués par des barreaux d'acier aimanté, sont suffisamment connus.

Les métaux magnétiques ou aimantables ne

doivent pas être confondus avec les aimants. Le métal le plus magnétique, c'est-à-dire qui s'aimante avec le plus de facilité, est le fer doux. Il se désaimante aussi très facilement dès qu'il n'est plus en présence d'un aimant.

L'acier, surtout l'acier doux, au contraire, s'aimante plus difficilement, mais une aimantation plus ou moins intense persiste après le contact avec un aiamant; de sorte qu'après un certain nombre de contacts cet acier acquiert une aimantation permanente ou magnétisme rémanent, qui est dû à une force appelée *force coercitive*, s'opposant après contact au mouvement des molécules du métal sous l'influence de l'aimantation. C'est la raison pour laquelle un barreau d'acier peut devenir aimant.

Dans le fer doux, la désaimantation cessant avec le contact de l'aimant, ce phénomène est dû à la très faible valeur de la force coercitive dans le fer doux, de sorte que le magnétisme rémanent peut être conxidéré comme pratiquement nul dans le fer doux.

§ 21. POLARITÉ DES AIMANTS.

Si un petit barreau d'acier aimanté est suspendu en son milieu par un fil et libre de s'orienter, il prendra invariablement une position qui coïncidera avec la direction Nord-Sud. Ecarté de cette position, il y reviendra toujours, c'est le cas de l'aiguille aimantée d'une boussole.

On désigne par pôle *nord* du barreau aimanté l'extrémité dirigée vers le Nord et pôle *sud*, l'autre extrémité.

C'est cette distinction des pôles du barreau aimanté qu'on appelle *polarité* d'un aimant.

§ 22. ACTION MAGNÉTIQUE DES POLES D'AIMANTS.

Si l'on présente au pôle nord du barreau aimanté précédent le pôle nord d'un autre barreau, le premier sera repoussé. Il en sera de même si l'on met en présence les poles sud.

Si l'on présente, au contraire, un pôle nord et un pôle sud, il y aura attraction.

§ 23. AIMANTATION PAR INFLUENCE.

Si un barreau de fer doux est en contact par une extrémité avec un aimant on constate que l'autre extrémité a un pôle de même nom que celui de l'aimant en contact avec la première, donc cette dernière est un pôle sud, comme on le constate expérimentalement. Ce barreau a donc deux pôles comme aimant.

L'aimantation temporaire du barreau par contact s'appelle *aimantation par influence*.

Le contact n'est pas nécessaire pour cela : placé à une certaine distance, le barreau s'aimante aussi par influence, mais de façon moins sensible, évidemment.

§ 24. CHAMP MAGNÉTIQUE. LIGNES DE FORCE.

En posant une feuille sur un barreau aimanté et répandant de la limaille de fer sur cette feuille,

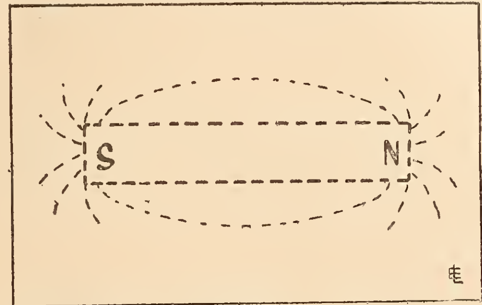


Fig. 36.

on remarque (fig. 36) que les grains de limaille se rassemblent aux extrémités ou pôles du barreau et qu'ils se dispersent en allant d'un pôle à l'autre en dessinant des lignes symétriques. Ces lignes sont appelées *lignes de force*.

Chaque brin de limaille s'oriente comme un petit barreau suivant une ligne de force.

Tout l'espace qui entoure le barreau aimanté et sous lequel s'exercent des phénomènes d'attraction et de répulsion est appelé *champ magnétique*.

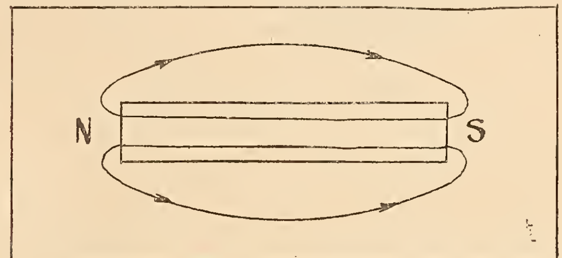


Fig. 37.

Dans un aimant on admet que les lignes de force ont un sens déterminé, qui va du pôle nord au pôle sud dans le champ magnétique et se ferment par le barreau à l'intérieur de ce dernier, en allant du pôle sud au pôle nord (fig. 37).

INTENSITÉ DU CHAMP MAGNÉTIQUE.

Supposons un petit barreau de fer doux *sn* suspendu au-dessus d'un aimant N S (fig. 38). Nous savons qu'il s'orientera par influence et acquerra deux pôles *s* et *n*, qui viendront se placer sensiblement comme sur la figure, en vertu des

actions magnétiques des pôles d'aimants, attraction et répulsion, comme il est dit au paragraphe 22, qui constituent deux *forces*, dont la loi de Coulomb, indiquée ci-dessous, permet de déterminer les intensités.

Le barreau s'orientera donc toujours dans une position déterminée.

Supposons le barreau réduit à un grain de limaille, son orientation pourra alors être considérée comme coïncidant avec celle d'une ligne de force N O S qui le traverse.

Nous avons pris un grain quelconque, on comprend qu'il en serait de même pour d'autres, lesquels s'orienteraient de la même façon et dessineraient de proche en proche une ligne de force dont la trajectoire serait, par exemple, N O S. On comprend aussi qu'il en serait de même pour d'autres lignes de force.

On voit donc qu'en chaque point O d'une ligne de force l'action magnétique de l'aimant N S se traduit par une force directrice f qui est tangente à la ligne de force en ce point. Toutefois, il est évident que l'intensité de cette force variera avec la position du point par rapport à chaque pôle de l'aimant.

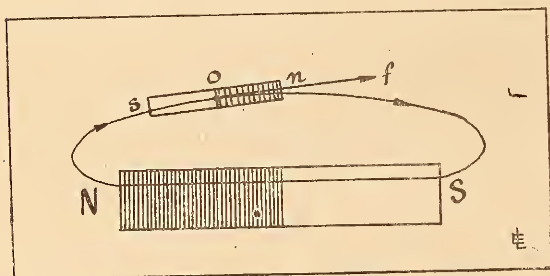


Fig. 38.

On peut maintenant considérer le grain de limaille comme une petite masse magnétique de valeur quelconque; mais supposons que cette masse, au lieu d'être quelconque, représente *l'unité de masse magnétique*. La force f agissant au point O sur cette unité de masse sera appelée alors, par convention, *intensité du champ magnétique au point* O. Ce champ provenant, bien entendu, de l'aimant N S.

Cette intensité du champ magnétique s'évalue en unités C. G. S.

Nous résumerons ce qui précède en disant qu'un aimant possède une action magnétique qui s'exerce dans un espace appelé *champ magnétique*. L'action de ce champ se traduit, en chaque point du champ, avec une intensité appelée intensité magnétique, variable avec la position du point et dirigée tangentiellement à la ligne de focre passant par ce point.

§ 25. LOI DE COULOMB OU DES ACTIONS MAGNÉTIQUES.

On comprend que plus l'on s'éloignera des pôles et plus faible sera l'intensité du champ agissant sur le nouveau point qu'on choisira. C'est ce que montre une loi appelée loi de Coulomb, ainsi conçue :

Deux masses magnétiques M et m, placées à une certaine distance l'une de l'autre, exercent entre elles une force f qui est proportionnelle au produit des masses M et m et inversement proportionnelle au carré de leur distance L.

Ce qui se traduit par la formule :

$$f = \frac{M \times m}{L^2}.$$

Dans le cas précédent, par exemple, on peut supposer que les deux masses magnétiques considérées sont la masse M de l'aimant et la masse m du barreau aimanté.

§ 26. SATURATION MAGNÉTIQUE.

Lorsqu'on a soumis un aimant à l'aimantation, il ne conserve pas l'intensité d'aimantation qui lui a été communiquée au début. Cette intensité d'aimantation diminue et acquiert au bout d'un certain temps une valeur stable et permanente, quelque puissant qu'ait été le procédé d'aimantation; une fois retiré, l'aimant reviendra toujours à son état d'aimantation stable.

Ce phènomène est appelé *saturation magnétique*. La valeur d'aimantation à laquelle revient l'aimant est son point de saturation.

Le point de saturation sera d'autant plus reculé que l'acier sera trempé plus dur.

La chaleur modifie les propriétés d'un aimant en détruisant son magnétisme rémanent. Pour le désaimanter, il suffira de le chauffer au rouge.

Exercices.

Exercice 1. — *La terre étant considérée comme un aimant dont les lignes de force sont parallèles sous notre latitude, on demande d'expliquer par quelle combinaison de force un barreau aimanté de forme symétrique suspendu en son milieu par un fil, s'oriente toujours dans la direction S N.* (fig. 39.)

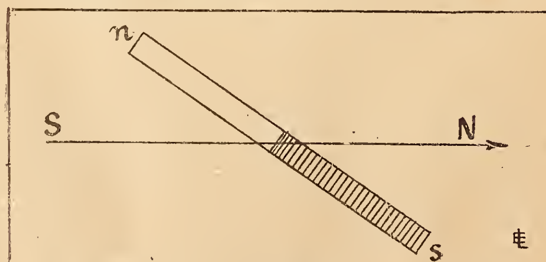


Fig. 39.

Solution.

Nous avons vu aux paragraphes 22 et 25 que les pôles d'aimant de sens contraire s'attirent et que cette attraction constitue une force pour chacun des pôles du barreau, entraînant le pôle *n* vers S et le pôle *s* vers N. Le sens de ces forces est donc déterminé et elles sont opposées. Reste à déterminer la direction et la valeur relative de ces forces (fig. 40).

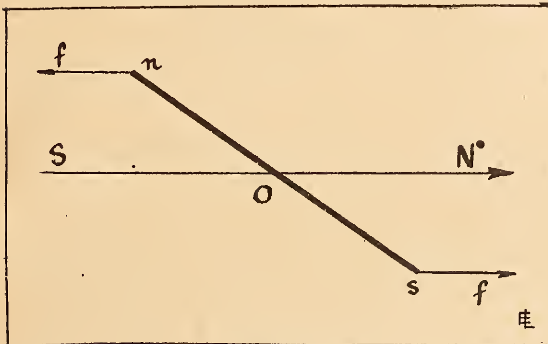


Fig. 40.

Les lignes de force dues au champ magnétique de la terre et qui encerclent l'aiguille étant considérées toutes comme parallèles autour de l'aiguille dans le cas présent, par symétrie, les deux forces *f* et *f* agissant sur le barreau seront parallèles entre elles et égales. L'ensemble des deux forces *f* et *f* constitue donc un *couple* (voir paragraphe 2) qui aura pour effet d'entraîner le barreau dans la direction S N, qui passe par le point de suspension O du barreau.

Une fois dans cette position, on voit qu'il y est maintenu par les deux mêmes forces *f* et *f*.

Exercice 2. — *Deux pôles d'aimants droits en présence sont placés sur le prolongement l'un de l'autre (voir figure du problème 26) et placés à la distance de 2 centimètres.*

Sachant que l'un des aimants a une intensité de champ magnétique égale à 22 unités C. G. S. et l'autre une intensité de 6 unités C. G. S., on demande de calculer la force qui agit entre ces deux pôles d'aimants.

Solution.

Les deux pôles d'aimants constituent ici deux masses magnétiques, entre lesquelles s'exerce une force que la loi de Coulomb, déjà énoncée, nous apprend à calculer.

Nous avons donc à appliquer la formule donnée par cette loi :

$$f = \frac{M \times m}{L^2}$$

Nous avons alors, avec $M = 2$, $m = 6$ et $L =$ 2 centimètres :

$$f = \frac{22 \times 6}{2^2} = 33 \text{ dynes.}$$

PROBLÈMES PROPOSÉS AUX LECTEURS
(7e série).

PROBLÈME 25. — *Un barreau aimanté présente à son pôle nord une intensité de champ magnétique ou de pôle de 24 unités C. G. S. Ce pôle nord attire le pôle sud d'un autre barreau aimanté dont l'intensité de champ magnétique est de 16 unités C. G. S. Sachant que la force d'attraction entre ces deux pôles en présence est de 6 dynes, on demande de calculer la distance qui sépare les deux pôles.*

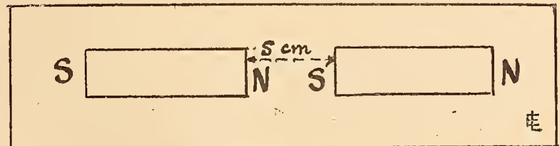


Fig. 41.

PROBLÈME 26. — *Deux pôles de barreaux aimantés identiques, situés sur le prolongement l'un de l'autre, s'attirent avec une force égale à 9 dynes. Si la distance qui sépare les deux pôles N et S des deux barreaux est de 5 centimètres, calculer l'intensité des pôles de chacun des barreaux* (fig. 41).

R. SIVOINE,
Ingénieur E. T. P.

NOTRE CONCOURS

Envois ayant obtenu au moins la moyenne 14 :

2e Série. Problèmes 8 à 14, numéro du 15 déc. 1919 : MM. Adam, Baratin, Boutès, Boyer, Brochard, Compagnion, Darville, de la Cotardière, Delèze, de Farnoswski, Grégoire, Hanot, Jeannet, Labbé, Lambert, Lamy, Leclerc, Mahl, Marchand, Marzolin, Mérou, Pacaut, Picherit, Parent, Rau, Robert A., Thomas, Thomas René.

LES CONDITIONS DU CONCOURS.

Nous recevons fréquemment des envois de lecteurs nouveaux, qui nous demandent s'ils peuvent prendre part au concours. Comme nous l'avons publié au début, nous rappelons que les **Prix** offerts, en ouvrages techniques, sont réservés à nos *abonnés* participant au concours par des envois réguliers depuis le début, ce qui est de toute justice.

Mais tous nos lecteurs peuvent nous adresser, et nous les y invitons, des solutions qui participeront aux attributions de **Mentions** pouvant être décernées aux envois ayant obtenu au moins la moyenne 14. Pour conserver à ces **Mentions** une réelle valeur, celles-ci ne pourront être attribuées que pour un nombre minimum de solutions qui sera déterminé par le jury.

TRIBUNE DES ABONNÉS

La Tribune des Abonnés est une rubrique de renseignements mutuels des lecteurs de l'ELECTRICIEN. Nous prions nos lecteurs de vouloir bien adresser leurs réponses aux questions posées à l'ÉLECTRICIEN, 47 et 49, quai des Grands-Augustins, Paris, VIe, avec l'indication « Tribune ».

DEMANDES

N° 72. — Serais désireux de connaître l'adresse de maisons fabriquant actuellement des lampes à filament de carbone 50 bougies 110 et 220 volts. En outre quels seraient les appareils préconisés pour supprimer ces sortes de lampes pour charge d'accumulateurs.

N° 73. — Utilise-t-on en France des moulins à vent ou des éoliennes pour actionner directement des dynamos ? Existe-t-il des maisons qui se sont spécialisées dans ce genre de construction ? A-t-il été publié des ouvrages sur ce mode d'utilisation du vent ?

R. de L.

N° 74. — Possédant une usine électrique alimentée par une turbine hydraulique de la force de 30 HP, je n'utilise cette force que pour l'éclairage, c'est-à-dire du coucher au lever du soleil. Je désirerais connaître la fabrication d'un article quelconque d'un placement facile et assuré, ne demandant pas trop de connaissances spéciales, ainsi qu'un matériel peu compliqué (travail du bois de préférence) pour utiliser cette force pendant le reste de la journée.

Où pourrait-ton se procurer le matériel et produits nécessaires ?

N° 75. — Pouvez-vous m'indiquer comment sont faites les résistances chauffantes des fers à repasser électriques ?

R. G.

N° 76. — Existe-t-il un traité pratique de bobinage des machines électriques en général et des machines et moteurs triphasés en particulier, et qui, indépendamment des schémas d'enroulements, donne les différents modes de bobinage en usage courant, indique les matériaux à employer pour les différentes tensions, la construction et l'emploi des gabarits, enfin tous les tours de mains à acquérir pour qu'un électricien pas assez au courant de la question puisse réaliser pour le moins un rebobinage partiel d'une machine.

Si ce traité existe, quel en est l'éditeur ?

N° 77. — Désirant protéger une pièce d'un immeuble contre toutes infractions possibles, je vous serais reconnaissant de bien vouloir m'indiquer quel serait le moyen qui offrirait le plus de garanties ?

Existe-t-il des appareils électriques répondant à cette question ? Si oui, où pourrais-je me les procurer ?

N° 78. — Dans un circuit récepteur radiotélégraphique à valve, au lieu d'insérer directement le téléphone à haute résistance dans le circuit-plaque, on conseille de monter un téléphone à basse résistance sur le circuit à fil court et gros d'un transformateur téléphonique spécial, leur secondaire (fil fin et long) étant en série avec le circuit plaque ; et cela pour éviter les chances d'un court-circuit accidentel de la batterie haute tension plaques sur les téléphones, qui pourrait brûler leur enroulement.

Pourrait-on m'indiquer les caractéristiques d'un tel transformateur ? (diamètre du noyau, longueur et diamètre des fils primaire et secondaire. Y a-t-il quelque dispositif pour utiliser les téléphones à haute résistance sur le circuit à fil court et gros, sans avoir recours aux téléphones à basse résistance ? Comme je possède un casque téléphonique avec deux récepteurs de 4.000 watts chacun (Brunet), je voudrais m'éviter l'achat de nouveaux récepteurs à basse résistance.

N° 79. — Je désirerais charger des accumulateurs de 4 à 8 volts sur du courant alternatif, il existe bien un appareil à vibreur qui, paraît-il, ne réalise qu'imparfaitement l'emploi.

En constituant un transformateur et 4 soupapes électrolytiques montées en pont de Wheastone, aurait-on un résultat meilleur ?

Pourrait-on constituer ces soupapes soi-même d'une manière simple ?

On a, paraît-il, fait des essais avec des lampes spéciales du genre de celles employées en T. S. F. comme amplificateurs ou détecteurs. Les résultats sont-ils bons, même pour des tensions de 6 à 8 volts et de 2 à 4 ampères?

Quelles maisons s'occupent de ces appareils ? Je désirerais, en tout cas, que l'appareil fonctionne seul sans surveillance.

N° 80. — On demande d'indiquer un ouvrage pratique traitant de la téléphonie en batterie centrale.

N° 81. — Je désirerais savoir pourquoi dans une installation triphasée (étoile) ou continu 3 fils, on met le fil neutre à la terre. Explication détaillée autant que possible.

L.

N° 82. — Je désirerais savoir pourquoi les permutatrices Rouget-Faget sont peu ou plus employées pour la transformation en continu des courants alternatifs et pourquoi on leur préfère les commutatrices avec leurs inconvénients.

Quelles sont les précautions à prendre pour le couplage en parallèle de 2 transformateurs alimentés par le même réseau ? Comment se fait la répartition des charges ?

R. D.

REPONSES

N° 60. — Que le défaut provienne d'une erreur dans les connexions ou d'un court circuit, il suffit, pour rétablir la polarité de la machine, d'inverser les connexions des inducteurs en croisant les fils d'excitation qui aboutissent aux balais.

R. S.

N° 80. — Vous trouverez les renseignements qui vous intéressent sur la téléphonie avec batterie centrale dans l'ouvrage de M. Schils : *Installations téléphoniques* (Dunod, éditeur, prix : 11 fr. 25, majorations comprises.)

N° 69. — La dynamo Lamarzière est construite par la Société des instruments de précision, 11, rue du Surmelin, à Paris.

N° 68. — Les conditions de marche en parallèle des alternateurs ont fait l'objet de communications de MM. Boucherot et Blondel, publiées dans le *Bulletin de la Société des Electriciens*. Le Secrétariat de cette Société, 12, rue de Staël, Paris, XVe, pourrait sans doute vous fournir ces communications. Vous pourriez peut-être trouver aussi des renseignements utiles dans l'ouvrage : *Pratique industrielle des courants alternatifs*, par M. Chevrier.

Le Gérant : L. De Soye.

35e Année. — No 1250. 15 Avril 1920.

L'ÉLECTRICIEN

Revue Internationale de l'Électricité & de ses applications

PARAISSANT LE 1er ET LE 15 DE CHAQUE MOIS

Rédacteur en Chef : Maurice SOUBRIER

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

PROFESSEUR ADJOINT D'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

SOMMAIRE

Les signaux avertisseurs électriques.
SUR LES CHEMINS DE FER

Des catastrophes répétées sur les chemins de fer ont remis à l'actualité les recherches d'appareils avertisseurs de franchissement des signaux fermés, de communication avec les trains en marche et même de commande à distance des freins et systèmes d'arrêt. L'électricité peut facilement résoudre ces problèmes importants.

Nous ne ferons pas l'historique des divers procédés employés ou préconisés depuis longtemps et qui avaient tous pour but la *répétition* sur les locomotives des signaux de protection, de manière à suppléer, au défaut de vigilance du mécanicien qui dépasse des sémaphores à l'arrêt, ou à obvier à des cas fortuits de non fonctionnement des signaux ordinaires.

Beaucoup de ces systèmes anciens utilisent des *crocodiles* divers, à contacts mécaniques ou électriques, chacun ayant ses avantages et ses inconvénients, aucun n'étant absolument à l'abri d'un *raté.*

Les contacts électriques, notamment, peuvent rater pour des causes très diverses : verglas, matières grasses sur les frotteurs, vibrations, etc., sans compter le déréglage des frotteurs qui survient très vite par suite de la brusquerie des frictions.

Il faut remarquer que e non fonctionnement d'un appareil répétiteur risque d'avoir plus d'inconvénients que l'absence de tout appareil : le mécanicien pouvant, à tort, relâcher sa vigilance et son inspection de la voie s'il compte trop sur les appareils avertisseurs.

Essais anciens. — Des expériences avaient déjà été tentées avant la guerre, et la *Revue générale des Sciences* publiait, le 30 septembre 1913, le compte-rendu suivant, relativement à l'emploi des ondes électriques pour l'arrêt des trains :

« On vient de procéder, sur les chemins de fer bavarois, à d'intéressants essais d'un dispositif permettant d'arrêter les trains automatiquement en cas de danger. L'inventeur, M. Christophe Wirth, un constructeur de Nuremberg, s'était déjà fait connaître par la construction d'un dispositif de contrôle à distance pour bateaux, torpilles, etc...., dont la presse technique s'est, pendant ces dernières années, occupée à plusieurs reprises. »

L'appareil en question est disposé dans l'un quelconque des wagons du train qu'il s'agit d'ar-

rêter, de préférence dans le fourgon dont le toit porte l'antenne destinée à recevoir les ondes. L'antenne réceptrice peut être un fil téléphonique ou télégraphique quelconque longeant la ligne; un dispositif spécial permet d'employer ce fil sans le moindre dérangement pour le service téléphonique ou télégraphique qu'il assure.

L'appareil est disposé pour transmettre au mécanicien des signaux acoustiques, *sonnerie d'alarme* ou optiques, *lampes électriques*, soit pour actionner directement le frein Westinghouse.

On peut aussi le disposer pour couper l'arrivée de la vapeur à la locomotive, mais ceci est moins important et peut toujours être fait par le mécanicien averti par le fonctionnement des freins.

Les postes émetteurs sont installés à 80 ou 100 kilomètres de distance, suivant les conditions locales; ils communiquent d'une façon très simple avec les postes intermédiaires et les signaux de garde-barrière. Au lieu d'un bouton ou d'une clef, comme dans les expériences en question, on peut se servir d'un transmetteur automatique auquel, en tournant une manivelle, on fait émettre des signaux dans le nombre et l'ordre voulus.

C'est ainsi qu'on peut soit *alarmer* le mécanicien, soit (en cas de danger imminent), arrêter automatiquement le train compromis. Cette éventualité peut se présenter dans diverses circonstances.

L'appareil est relativement peu coûteux; ceux d'un train tout entier ne coûtent guère plus que le frein Westinghouse d'une seule voiture.

Des expériences ont été faites sur la ligne Nuremberg-Grafenberg avec le concours de l'administration des chemins de fer bavarois qui porte à ce dispositif un vif intérêt. Le poste transmetteur, duquel on pouvait agir sur les trains marchant à toute vitesse, se trouvait dans la gare du Nord-Est à Nuremberg.

Les expériences de freinage aussi bien que celles d'alarme ont donné d'excellents résultats; les chocs et vibrations n'ont aucunement dérangé le bon fonctionnement des appareils. Les ondes étrangères ou atmosphériques n'ont pas dérangé la sécurité du service... Il a fallu 27 secondes pour effectuer l'arrêt complet d'un train. »

***

Qu'a-t-on fait en Allemagne à la suite de ces expériences si encourageantes datant déjà d'une demi-douzaine d'années? Nous le saurons peut-être prochainement.

En tous cas, on a travaillé aussi en France en cherchant surtout à réaliser des systèmes automatiques.

Emploi des ondes hertziennes. — Les progrès de la technique des ondes hertziennes ont permis l'étude de procédés nouveaux, dont le type d'actualité est le système Augereau, qui vient d'être essayé officiellement sur le réseau de l'Etat (ligne de Paris-Maintenon) et adopté par le ministère des Travaux publics qui a prescrit la construction immédiate d'appareillages de locomotives et de portes de voies, de manière à armer d'abord les lignes les plus fréquentées.

Récemment, le Ministre s'est rendu compte par lui-même des résultats que donne le système Augereau, et il a parcouru sur une locomotive la section de Trappes à Maintenon dont un certain nombre de signaux sont munis de l'appareil en question.

Il a décidé que :

1° Les lignes du réseau de l'Etat et les locomotives seront munis d'un appareil Augereau, répétiteur de signaux, les travaux et commandes utiles devant être entrepris aussitôt et poursuivis sans désemparer.

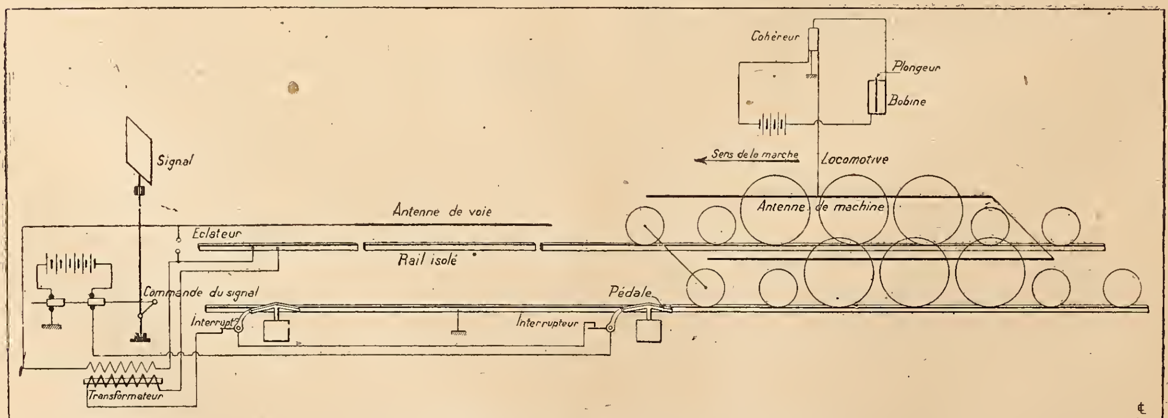


Fig. 1. Schéma de l'équipement système Augereau.

2° Tous les signaux ronds et damiers mobiles verts et blancs seront munis du même dispositif.

La dépense, pour 1920, est évaluée à 20 millions.

Dispositif de ligne. — Dans le système Augereau, on installe sur la voie du chemin de fer (fig. 1), à côté du signal, un poste de T. S. F. simple, analogue à ceux employés pendant la guerre sous le nom de *postes d'infanterie*, et comprenant un petit transformateur, alimenté par un courant primaire d'environ 8 volts, produisant un courant secondaire induit d'environ 3 centimètres d'étincelle équivalente.

Le secondaire est mis d'une part à la terre et relié d'autre part à un éclateur et à une antenne.

Cette antenne est constituée par un conducteur de cuivre, d'une vingtaine de mètres de longueur, disposé horizontalement à environ $1^m,50$ au-dessus du sol.

La pile qui produit le courant primaire est reliée :

1° Un pôle à la terre.

2° Un pôle au fil primaire de la bobine-transformateur dont la sortie est reliée à un rail préalablement *isolé*.



Fig. 2. Antenne sur locomotive (visible entre l'axe des roues motrices et le châssis).

Entre la pile et la prise de terre un commutateur intercalé est commandé par la manœuvre du signal dont il est solidaire.

Le courant primaire ne s'établit dans la bobine que lorsque le circuit se trouve fermé, ce qui se trouve réalisé quand le signal est à l'*arrêt*, et que le rail isolé se trouve lui aussi mis à la terre (ce qui a lieu quand un train passe sur ce rail).

Dans ces conditions, le transformateur est traversé par le courant, son trembleur fonctionne, et le secondaire produit des ondes de T. S. F. La passage d'un train est la cause déterminante de cette émission qui a lieu pendant *toute la durée du passage*.

Pour réduire l'usure des piles, on peut, par divers artifices, limiter le passage du courant qui n'est pas utile pendant tout l'écoulement d'un long et lent convoi de marchandises : des pédales ou des relais peuvent donner ce résultat.

Dispositif sur la locomotive. — Sur la locomotive, les ondes sont reçues au moyen d'un appareil comprenant :

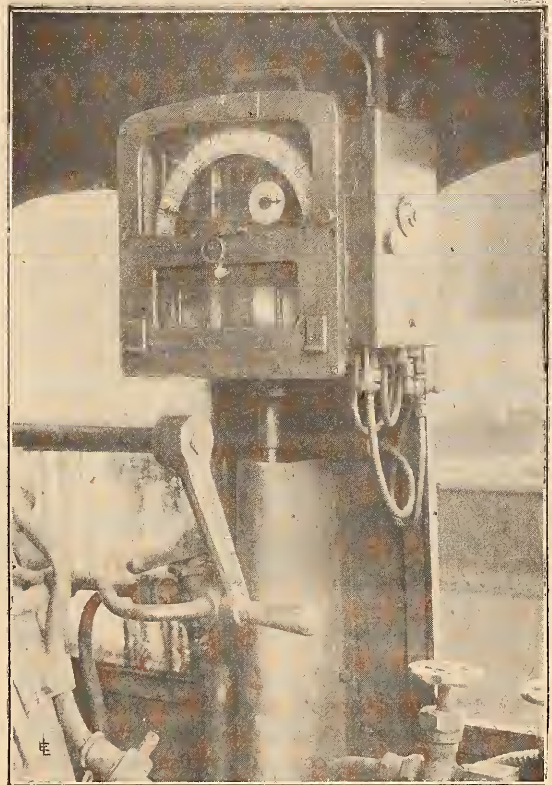


Fig. 3. Appareil enregistreur sur la locomotive.

1° Une pile de quelques éléments qui fournit du courant à une bobine à noyau-plongeur ;

2° Un détecteur relié à une petite antenne, barre isolée de cuivre faisant le tour de la locomotive à environ $1^m,50$ du sol, visible sur la figure 2.

Fonctionnement. — Quand la locomotive passe devant un signal à l'*arrêt*, le poste émetteur fonctionne, envoie dans son antenne des ondes qui sont recueillies par l'antenne de la locomotive passant à une très petite distance de l'autre.



Fig. 4. Poste d'intercommunication par téléphonie sans fil dans un train américain.

Le détecteur, sous l'influence des ondes, diminue de résistance et laisse passer dans la bobine à noyau plongeur un courant suffisamment intense pour que le noyau puisse actionner le déclanchement du mécanisme appelé *serrure Augereau.*

Cette serrure commande le robinet d'un sifflet à vapeur qui fonctionne jusqu'à ce que le mécanicien ait remis les ressorts en place.

Cet appareil est en relation avec *l'enregistreur de vitesse*, figure 3, et son fonctionnement s'inscrit automatiquement sur le diagramme par un trait vertical spécial *en dessus.*

Si le mécanicien aperçoit d'avance un signal *à l'arrêt*, il manœuvre une manette qui inscrit sur le même diagramme un trait *en dessous*, ceci pour témoigner de sa vigilance et, le cas échéant, localiser la recherche des responsabilités.

Intercommunication des trains et des stations par T. S. F. — Des essais de mise en communication constante des trains en marche avec les stations ont été effectués avec succès, aux Etats-Unis. Des postes récepteurs (fig. 4) et transmetteurs peuvent facilement être installés dans les trains de voyageurs, et communiquer avec les postes fixes installés dans les principales stations de la ligne. De même il est possible d'assurer la communication de trains entre eux, quoique la mise au point d'un tel système présente de plus grandes difficultés. L'énergie est fournie par un petit turbo-alternateur actionné par la vapeur de la locomotive.

Mais si l'on peut envisager de pareilles installations sur les grands trains de voyageurs, où elles pourraient d'ailleurs servir pour la transmission de messages privés ou de nouvelles de presse,

comme sur les paquebots, il ne faut pas y songer pour les trains de marchandises, trains locaux ou machines isolées. Or il est certain que ces dernières catégories sont celles qui occasionnent le plus d'accidents, de sorte qu'il apparaît bien que l'intercommunication entre les trains, même par téléphonie sans fil, n'est pas la solution idéale qui supprimera les accidents de chemins de fer.

La généralisation de la traction électrique amènera des progrès bien plus sensibles à cet égard, car il devient alors très facile de faire couper le courant soit par les signaux eux-mêmes, soit par les stations, en cas de danger d'accident. L'accident classique : tamponnement par suite de train en panne de vapeur, disparaîtra heureusement, ainsi que tous ceux qui proviennent de l'aveuglement des mécaniciens par la vapeur, ou la fumée de la locomotive.

F. G.

Le « load dispatcher »

appliqué aux réseaux électriques et aux Compagnies de distribution.

Le besoin crée l'organe. L'accroissement des grands réseaux de distribution, englobant plusieurs usines de production, nécessite un organisme spécial chargé de contrôler la charge et diriger la production et la distribution de l'énergie en conséquence : c'est le « load dispatcher » *dont nous allons examiner le rôle dans l'exemple de la C. P. D. E. à Paris.*

Dans un article très documenté paru récemment, M. G.-P. Roux montrait le rôle de l'agent spécial chargé du contrôle d'un grand réseau de distribution d'énergie (Philadelphia Electric Company).

Les attributions et les responsabilités de cet agent, l'« electrical load dispatcher » présentent une analogie avec le « train dispatcher » d'un réseau de voies ferrées.

On sait que ce dernier contrôle toutes les sections d'une ligne par exemple. Il règle les heures de départ et d'arrivée des trains, donne des ordres de priorité, modifie les graphiques. Il est réuni soit par télégraphe, soit par téléphone, aux opérateurs de chaque section et reçoit de ces derniers les heures de passage des trains, les causes des retards, accidents, etc...

L'electrical load dispatcher contrôle la charge du réseau électrique et dirige la distribution de l'énergie. La Philadelphia Electric Company, qui possède 9 stations génératrices d'une puissance totale de 240.000 kw, fournissant le courant sous différents voltages à 57 sous-stations utilise ce nouveau procédé.

Elle possède un service de contrôle, dirigé par un agent spécial, dont le rôle exact est d'exercer un contrôle effectif sur la production de l'énergie et sa répartition depuis les chaudières jusqu'aux consommateurs.

Cet agent, qui doit être un technicien éprouvé, est responsable de la production, de la transmission et de la distribution. Il fait mettre en marche ou arrêter les unités, les lignes, les sous-stations. Il évalue les puissances demandées, fait faire les essais nécessaires et modifie la marche du réseau s'il le juge utile.

Pour effectuer un tel contrôle, il doit avoir entre les mains des outils appropriés et une installation spéciale. A la Philadelphia Electric Company on a installé un central téléphonique le reliant directement à toutes les stations, sous-stations et aux différents autres services. De plus des panneaux spéciaux, un par station, sous-station, feeder, etc... indiquent clairement les unités en route ou arrêtées à tout moment, les feeders en service, les interrupteurs enclanchés etc... (à l'aide de schémas et lampes de contrôle). Ces panneaux peuvent être facilement modifiés quand il se produit des additions ou des extensions dans le réseau.

Le fonctionnement de ce système de « load dispatching » ayant donné des résultats satisfaisants en Amérique, il nous semble que les grands réseaux électriques, les grandes compagnies de distribution d'énergie de notre pays devraient s'inspirer de ce principe nouveau. Ce serait évidemment une méthode à créer, de nouveaux services à adapter, mais des avantages seraient réalisés. Cette méthode ne pourrait évidemment pas s'appliquer de la même façon à tous les réseaux par suite des différences d'exploitation et de distribution, mais une adaptation raisonnée améliorerait sans aucun doute le rendement général.

Un exemple montrera mieux ces avantages :

La Compagnie parisienne de Distribution d'Elec-

tricité chargée de distribuer le courant électrique dans Paris a pour moyens d'action deux usines extérieures (figure 1) qui produisent du courant H.T. transformé à l'intérieur de Paris par vingt sous-

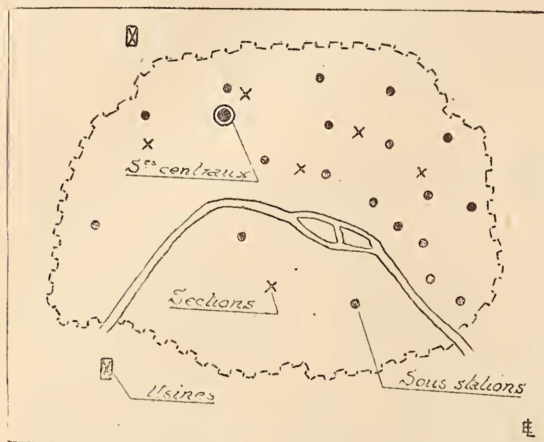


Fig. 1.

stations ou centres de couplages. Ces dernières fournissent soit du courant continu 3 ou 5 fils, soit du courant alternatif monophasé ou diphasé.

L'exploitation est dirigée par des services distincts

Service des usines.
— des sous-stations.
— administratifs et commerciaux.
— canalisation.
— technique des abonnés.

Chacun de ces services est autonome et dirigé par un directeur assisté d'ingénieurs en chef et adjoints. Le point faible est le manque de liaison réelle entre ces services; quand on constate en outre qu'ils dirigent des sections réparties dans Paris, on peut admettre qu'un système de liaison technique, de direction unique et effective est nécessaire.

Supposons que l'on veuille créer un service de ce genre. On peut le concevoir de deux façons :

Dans le premier cas, l'exploitation sera dirigée par deux services : un service administratif et commercial et un « electrical load dispatcher » (fig. 2). Ce dernier aura pour mission :

La mise en marche des usines, sous-stations, feeders, etc..., le contrôle de tout le réseau, des liaisons entre sous-stations et usines centrales, l'étude de nouvelles unités, feeders, canalisations, le renforcement des canalisations existantes, la répartition des abonnés, etc...

Pour cela il disposera de services annexes qui lui fourniront les comptes rendus et les statistiques journalières, les graphiques des stations centrales et sous-stations. Il sera renseigné sur les demandes d'abonnement, les mises en service, les accidents, les surcharges.

Une installation spéciale et complète devra lui faciliter cette tâche.

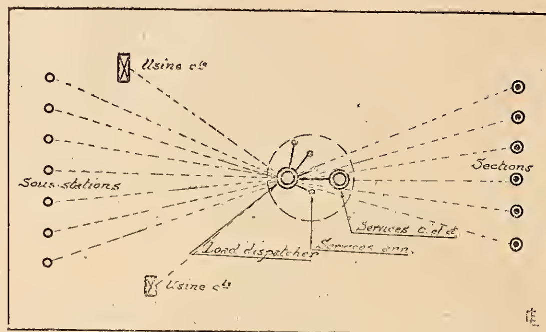


Fig. 2.

Cette nouvelle disposition entraînerait évidemment une modification complète de la marche de l'exploitation. Les services principaux seraient réduits et deviendraient des sous-ordres. Les sections auraient un rôle très secondaire. Il n'est pas douteux que le rendement soit considérablement augmenté et que la coordination des fonctions de production, transmission et distribution de l'énergie électrique soit complète.

Dans le deuxième cas, l'« électrical load dispatcher » peut être un simple service adjoint aux autres. Il perd alors de sa valeur et de sa force, si on ne lui donne pas assez de moyens d'action. Cette façon de voir ne pourrait être qu'un moyen terme, à moins de concevoir une organisation d'une souplesse et d'une discipline rigoureuses.

Des objections sérieuses seraient évidemment émises. Elles reposeraient sans doute sur notre vieille routine française, sur des considérations ayant toute autre base que le rendement et l'économie.

On pourrait aussi nous dire que le fait d'une direction unique, de sous-stations et de sections « automatisées « rendrait tout progrès impossible tout fonctionnement défectueux.

Et pourtant, conçue comme nous l'entendons, modernisée comme il le faudrait, et automatisée rationnellement, nous croyons que, loin de faire obstacle au progrès, cette nouvelle disposition ouvrirait de larges espaces à l'initiative et supprimerait les errements actuels.

M. P.

Redresseurs électromagnétiques ou permutatrices.

Les redresseurs électromagnétiques ou permutatrices sont une classe de transformateurs tournants. Ce sont, comme les commutatrices, des appareils synchrones.

A l'encontre des commutatrices, les bobinages y restent fixes, alors que seuls tournent, suivant le type d'appareil, soit les balais, soit les commutateurs qui assurent le redressement et la captation des courants.

Le but de ces appareils est généralement de transformer des courants alternatifs en courant continu.

Nous donnons ci-dessous le principe de ces appareils en considérant, pour plus de simplicité, une machine bipolaire (fig. 1).

Un anneau en fer feuilleté A, fixe, qu'on pourra appeler indifféremment primaire ou stator, comporte un bobinage comme celui d'un anneau de Gramme à courant continu. Divers points de cet enroulement sont reliés aux bornes du collecteur C, qui est le commutateur-redresseur. Deux balais, B et B′, frottent sur le collecteur C et sont reliés respectivement aux bagues b et b'; cet ensemble constitue le secondaire.

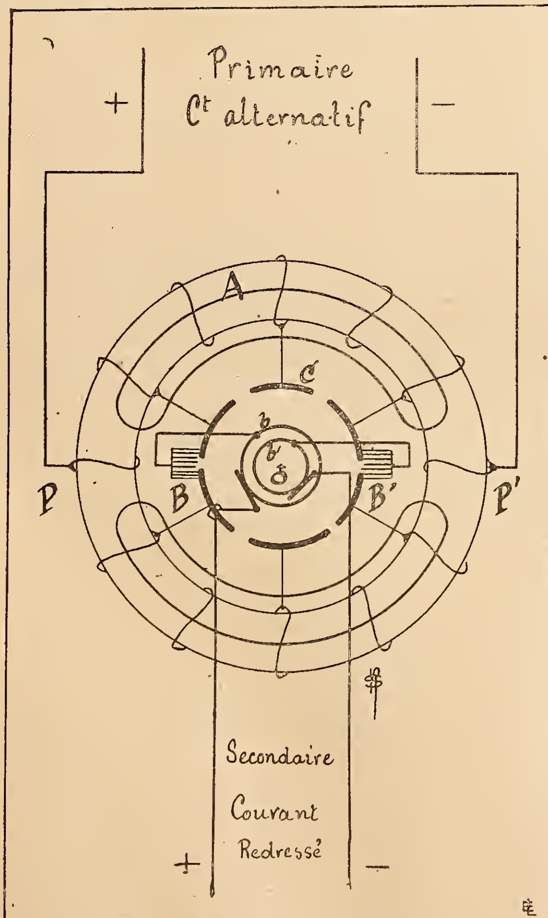


Fig. 1.

Les balais B et B′, ainsi que les deux bagues b et b', sont animés d'un mouvement de rotation autour de l'axe commun O.

Ce mouvement est obtenu en entraînant l'axe à l'aide d'un moteur auxiliaire synchrone, alimenté par le réseau à courants alternatifs.

Dans le cas d'un redresseur bipolaire simplifié comme celui de la figure 1, le courant à redresser est amené en deux points diamétralement opposés P et P′ du bobinage fixe. Le courant circulant dans ce bobinage y produit un flux alternatif dont les lignes de force sont indiquées sur la figure 1, lesquelles se forment à l'intérieur de l'anneau. Dans certains dispositifs, un deuxième anneau feuilleté est disposé à l'intérieur, au travers duquel se fait la fermeture des lignes de force.

Si l'on fait tourner les balais B, B′ avec une vitesse donnant un nombre de tours par seconde égal à la fréquence du courant alternatif alimentant le stator, un tour des balais correspondra à une période du courant d'alimentation du stator.

Si, au moment où les balais B et B′ sont dans la position B, B′ indiquée par la figure 1, la tension d'alimentation du stator entre les points P et P′ passe par un maximum au même moment et présente la polarité indiquée figure 1, la tension recueillie aux bagues b, b' aura une valeur égale à la tension maximum du courant alternatif au même instant.

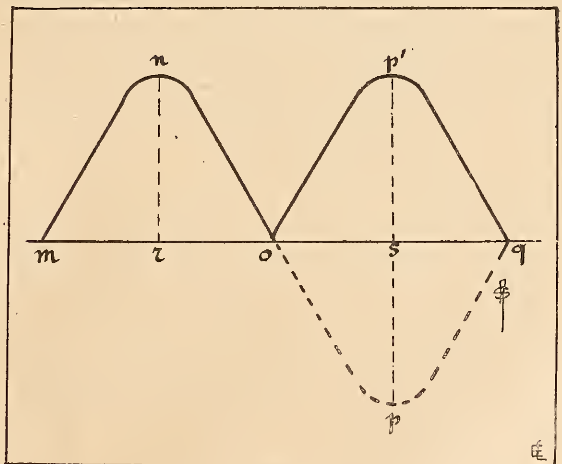


Fig. 2.

C'est ce qu'indique la courbe m, n, o (fig. 2). En supposant une tension sinusoïdale appliquée aux bornes du stator, la valeur de la tension redressée est égale à l'ordonnée maximum $r\ n$ de la tension

alternative, dont la représentation sinusoïdale serait la courbe *m, n, o, p, q.*

Les balais B, B' ayant tourné de 180 degrés, c'est-à-dire fait un demi-tour (fig. 3), la tension entre les

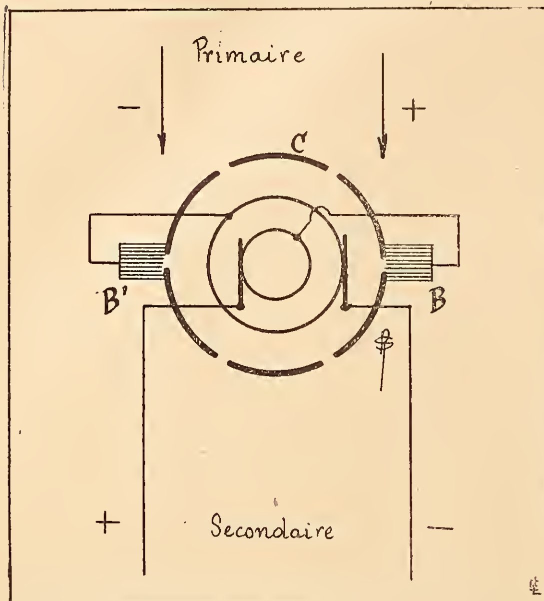


Fig. 3.

points P et P' du stator (fig. 1) passera encore par un maximum, mais aura changé de polarité. Cela correspond à la demi-sinusoïde *o, p, q* de la figure 2 et les deux points *n* et *p* du maxima de la tension alternative sont à la distance de 180 degrés.

Comme il y a en même temps rotation de 180 degrés des balais B et B', la polarité de ces derniers n'aura pas changé et la valeur de la tension entre ces balais sera encore égale à la tension maximum S *p* de la tension alternative entre P et P', qui est, à l'instant considéré, négative. La valeur de la tension redressée est donc S *p'* au même instant.

En somme, on voit que, à tout instant, comme le montrent les courbes de la figure 2, la valeur de la tension redressée est, en valeur absolue, celle de la tension alternative ; c'est pourquoi les courbes sont identiques. Ainsi, la tension aux balais B B' s'annulera en même temps que la tension alternative alimentant le stator.

On n'obtiendra donc pas une tension continue, mais redressée, dont les variations sont représentées par les courbes *m, n, o, — o, p', q*, qui se reproduisent indéfiniment.

C'est sur ce principe que repose l'un des plus anciens redresseurs, le redresseur Pollak. Dans ce dernier système, on obtient une courbe de tension presque horizontale, mais discontinue, parce que les balais n'appuient sur le commutateur qu'aux instants correspondant aux points *n* et *p'* des courbes figure 2, c'est-à-dire aux valeurs maxima.

REDRESSEURS AUVERT ET FERRAND

Un deuxième dispositif, pour permettre l'utilisation de courant monophasé à la traction électrique en se transformant en courant continu, fut celui de MM. Auvert et Ferraud, ingénieurs de la Compagnie P.-L.-M.

Dans ce dispositif, perfectionnement du précédent, certaines lames du commutateur sont reliées au bobinage du stator; au moment où le courant est inversé sous les balais, une force contreélectromotrice de self-induction se produit, qui supprime les étincelles du commutateur.

Le secondaire alimentant un moteur-série à courant continu pour traction, la tension fournie n'est presque pas ondulée, elle arrive même, dans certains cas, à être sensiblement horizontale.

REDRESSEUR SACERDOTE

Ce système de redresseur est semblable à celui que l'on obtiendrait en rendant fixe l'induit d'une commutatrice en faisant tourner les inducteurs et les balais simultanément à la vitesse du synchronisme du courant d'alimentation.

Les inducteurs étant mobiles produisent, par le fait même de leur rotation, un champ tournant ; mais s'il s'agit de courants polyphasés, on peut obtenir ce champ tournant en laissant fixes les inducteurs et en les alimentant par une dérivation du courant primaire.

Les inducteurs et l'induit seront donc fixes ; les balais seuls tourneront ; il faudra alors les entraîner à la vitesse du synchronisme du champ tournant, c'est-à-dire à l'aide d'un petit moteur auxiliaire synchrone alimenté par le couraut primaire.

Dans ce dispositif, la force centrifuge développée par la rotation des balais tend à écarter ceux-ci du commutateur. Pour remédier à cet inconvénient, le système Sacerdote comporte un commutateur à lames à l'intérieur duquel frottent les balais, figure 4. La force centrifuge les appliquera alors contre le commutateur.

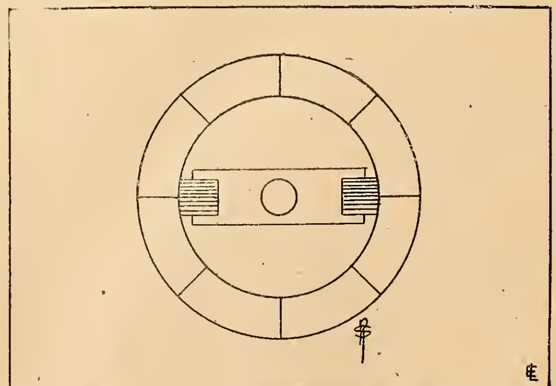


Fig. 4.

Cet appareil peut servir aussi de transformateur de fréquence.

En effet, si l'on fait tourner les balais à une vitesse différente de celle du synchronisme correspondant à la fréquence f du courant d'alimentation, on n'obtiendra plus une tension redressée, mais alternative et de fréquence différente de celle du courant employé.

Supposons que les balais tournent à une vitesse $\frac{1}{m}$ de la vitesse en synchronisme du courant primaire, la fréquence de la tension obtenue au secondaire sera $\left(1 - \frac{1}{m}\right) f$.

Selon la vitesse imprimée aux balais, on obtiendra au secondaire une tension dont la fréquence sera plus ou moins différente de la fréquence de la tension aux bornes du primaire.

APPAREIL HUTIN ET LEBLANC

C'est ce dispositif, très ingénieux, qu'on a appelé du nom fantaisiste de *panchahuteur*.

Le principe de cet appareil est basé en partie sur celui du transformateur statique.

Appelons n_1 et n_2 les nombres de spires dans le primaire et le secondaire d'un transformateur I le courant dans le primaire, Φ le flux donnant naissance à la force électromotrice dans le secondaire; ce flux sera donné par une expression de la forme :

$$\Phi = A n_1 n_2 I$$

Supposons que le primaire du transformateur soit alimenté par un courant de la forme $I = I'\sqrt{2} \sin \omega t$, on recueillera au secondaire un courant de même fréquence; d'ailleurs,

$$\Phi = A n_1 n_2 I' \sqrt{2} \sin \omega t.$$

Ce flux sinusoïdal peut être obtenu, à l'aide d'un courant continu, c'est-à-dire constant, de valeur $I'\sqrt{2}$ et circulant dans un bobinage permettant de le faire varier suivant la loi sinusoïdale :

$$n'_1 = n_1 \sin \omega t$$

En disposant d'un bobinage remplissant cette dernière condition, on obtiendra alors la transformation d'un courant continu en un courant alternatif de tension d'ailleurs quelconque.

Dans l'appareil panchahuteur de Hutin et Leblanc, la condition $n'_1 = n_1 \sin \omega t$ est approximativement réalisée par l'emploi d'un bobinage dans lequel le nombre de spires du primaire varie proportionnellement aux ordonnées d'une sinusoïde, ces ordonnées étant choisies équidistantes. Pour passer des ordonnées positives aux ordonnées négatives, le sens des bobinages est inversé.

Dans le cas où l'on choisirait, par exemple, six ordonnées équidistantes, le bobinage du primaire devrait comporter 6 bobines avec un nombre de spires à répartir suivant les ordonnées d'une sinusoïde dans les conditions ci-dessus; certaines bobines étant enroulées en sens inverse des autres.

Les diverses bobines sont reliées à 6 bagues b, lesquelles sont reliées elles-mêmes (fig. 5) respectivement à chacune des 6 bobines d'un collecteur c. L'ensemble collecteur et bagues est animé d'un mouvement de rotation, les balais B et B' restant fixes. Le courant continu étant envoyé dans les balais B et B', on recueille dans le bobinage une tension alternative, dont la courbe n'est pas continue, mais dentelée.

La fréquence du courant obtenu est égale à la vitesse d'entraînement du collecteur c.

Si l'on alimente le bobinage de l'appareil par du courant alternatif, on recueillera aux balais B et B' un courant redressé, sensiblement continu.

Toutefois, la self-induction des bobines crée une commutation défectueuse, de sorte que, pratiquement, cet appareil ne fonctionne bien, et donne alors des résultats très satisfaisants, que dans le cas de courants polyphasés.

Dans le cas de la figure 5, où le primaire est alimenté par du courant triphasé, trois bobines

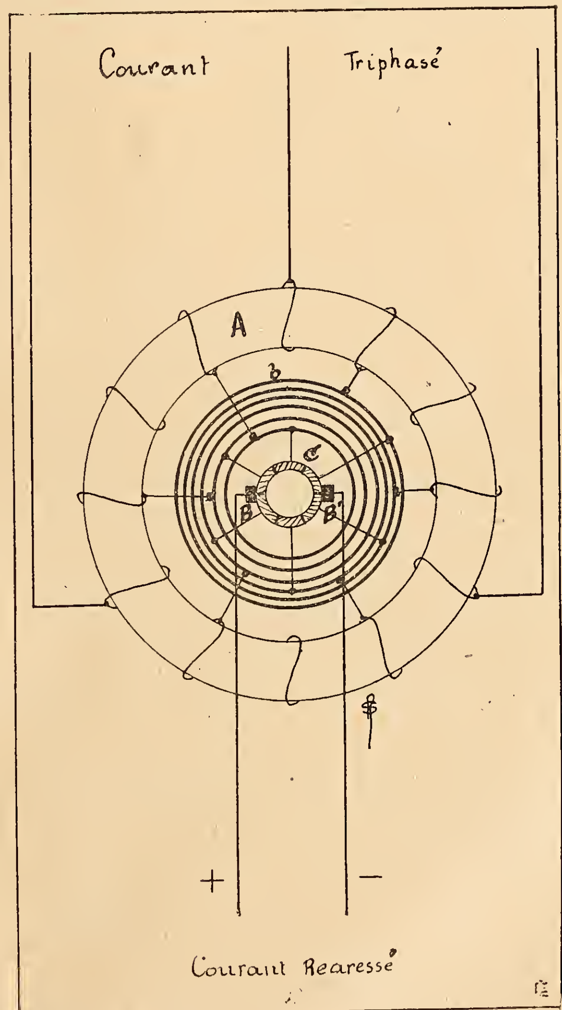


Fig. 5.

sont choisies de telle façon que la somme algébrique de leurs nombres de spires est nulle.

Plus le nombre des ordonnées choisies dans la sinusoïde, auxquelles correspondent les spires du bobinage, sera élevé et plus parfait sera le redressement du courant, qui pourra être considéré, pour un nombre judicieux d'ordonnées compatible avec la pratique, comme sensiblement continu.

Un avantage de cet appareil est que si un induit Gramme est monté sur l'axe du collecteur et relié à ce dernier, le courant redressé obtenu au collecteur pourra être utilisé à entraîner celui-ci à la vitesse du synchronisme des courants alternatifs.

On pourra donc se passer de petit moteur synchrone entraînant le collecteur.

PERMUTATRICE ROUGÉ-FAGET

Le principe de cette machine est, au fond, le même que celui des systèmes de Leblanc et de Sacerdote.

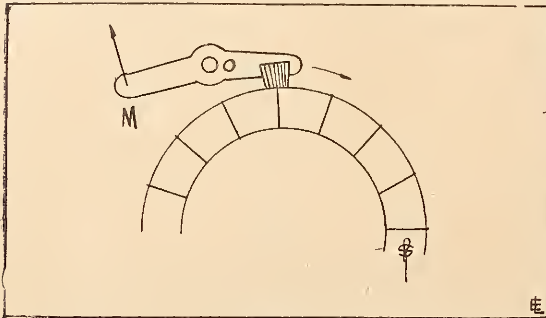


Fig. 6.

Dans cette permutatrice existe un stator tout comme celui d'un moteur d'induction, c'est-à dire comporte des cannelures pour loger le bobinage. Le primaire et le secondaire sont logés à la fois dans les mêmes cannelures, mais, pour diminuer les fuites dans le circuit magnétique, le bobinage est réalisé d'une façon toute particulière. Les auteurs de cet appareil dénomment ce bobinage spécial : enroulement vectoriel homogène.

Le commutateur redresseur est fixe, les balais tournent. Pour annuler l'effet de la force centrifuge sur les balais, ces derniers sont construits sur le principe de la figure 6.

Une masse *M*, placée à l'extrémité opposée au balai par rapport à l'axe d'articulation *o*, tend à appliquer le balai sur le collecteur, l'action prépondérante de la force centrifuge étant reportée sur cette masse.

Cette machine est prévue pour la réalisation d'une synchronisation rapide et automatique, ce qui est précieux dans le cas de la traction électrique en particulier, à laquelle ces appareils ont été appliqués notamment.

La disposition verticale (fig. 7 et 8) de cet appareil lui assure l'avantage d'un faible encombrement.

La particularité commune aux redresseurs électromagnétiques ou permutatrices est que les

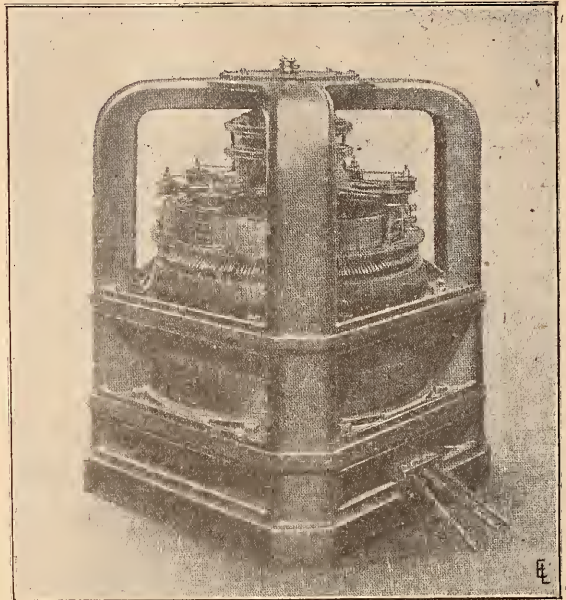


Fig. 7. — Permutatrice Rougé-Faget (1er type).

forces électromotrices qu'ils développent et qui sont opposées à la tension du réseau, proviennent

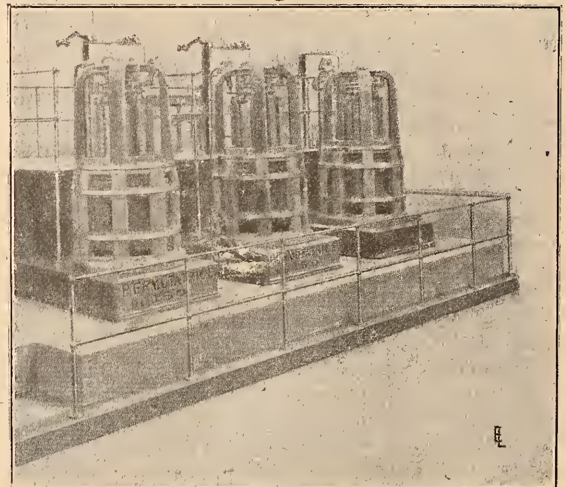


Fig. 8. — Sous-station équipée avec des permutatrices Rougé-Faget.

uniquement du courant réactif, qui est donc synchrone instantanément.

R. Sivoine.
Ingénieur E. T. P.

CHRONIQUE -- INFORMATIONS

Aménagement et Distribution de l'eau

pour la production de l'énergie électrique.

Dans un rapport lu devant les I. E. E., M.-J.-W. Meares a donné le résumé d'unc étude sur les principes généraux qui régissent les aménagements hydro-électriques, et qui sont très peu compris en dehors des spécialistes directement intéressés. Dans cet article la question est examinée spécialement du point de vue de l'aménagement des eaux et de la continuité dans le débit de l'eau comme force motrice initiale.

Les problèmes relatifs aux chutes d'eau, moyennes ou hautes, diffèrent considérablement et chacun doit être traité avec la méthode qui leur convient.

Il n'y a pas de démarcartion rigoureuse entre ces trois genres de chutes, mais généralement parlant les faibles débits impliquent l'emploi de turbines de pression ou de réaction souvent submergées, avec tuyaux d'aspiration ou d'alimentation reliant le débouché du canal d'amenée avec le déversoir de l'eau du bief aval, d'environ un mètre comme limite pratique jusqu'à 25 ou 30 mètres.

Les hautes chutes sont aménagées selon l'impulsion du jaillissement de l'eau pour le genre de roue-motrice représenté par la roue Pelton, depuis 1.500 mètres comme hauteur de chute maxima jusqu'à 100 ou 125 mètres. Entre ces deux extrêmes, se trouvent les chutes moyennes utilisant les divers modèles de turbines d'impulsion établies pour les hauteurs de chutes correspondantes.

En Amérique, ce type de roue est peu utilisé et les roues actionnées par les jets d'impulsion sont le plus souvent employées.

A la charge la plus économique, l'efficacité des différents types de turbines hydrauliques ou de roues varie de 85 à 90 % pour les plus grandes dimensions, pendant que le rendement de l'ensemble correspondant des alternateurs, en tenant compte des pertes d'excitation, serait de 95 à 97 %. De cette manière, le rendement d'ensemble dans les conditions les plus favorables varie de 81 à 87 %. Pour les besoins de la pratique industrielle, il sera suffisant d'admettre que le rendement commercial E de l'installation M est de :

Pour	500 kw	74 %
—	1.000 kw	76 %
—	1.500 kw	78 %
—	2.000 kw	80 %
—	3.000 kw et au-dessus	82 %

En employant comme unité de débit ou de flux d'une chute d'eau, le débit de 1 litre d'eau par seconde comme mesure du flux de courant, nous pourrons ramener les mesures faites à la formule ci-dessous établie pour des flux évalués en pieds cubes par seconde (l'unité de flux que l'auteur désigne par l'expression « c /sec », abréviation de current second) et que les Américains définissent par l'expression foot-second ou pied-seconde, on a :

Encrgie produitc E X H P $= \dfrac{\text{(hauteur de chute principalc en pieds cubcs} \times 62{,}4 \times \text{flux)}}{550} \times \dfrac{E}{100}$.

Comme un pied cube = 28 litres 094, l'unité de flux adopté par l'auteur devra être multipliée par le coefficient 28,094 pour représenter le flux en litres par seconde.

Il est préférable d'employer des facteurs directs de conversion pour éviter des décimales sans réelle signification, comme suit :

Pr 500 kw = flux ×	haut. de chut. max.	×	0,062
10.000 kw = flux ×	—	×	0,064
1.500 kw = flux ×	—	×	0,066
2.000 kw = flux ×	—	×	0,068
3.000 kw =.... ou plus = flux ×		×	0,070

Pour les calculs approximatifs, il est très suffisant de prendre l'énergie

$$\text{en kw} = \frac{28 \times \text{flux} \times \text{hauteur de chute (en mètres)}}{15 \times 0{,}3}$$

Le flux exprimé en litres par seconde et la hauteur en mètres ou bien en BB × HP (travail mesuré au frein) de la turbine = flux (litre-seconde) × hauteur (mètres) × $\frac{28}{11}$ pour la puissance mécanique comme représentation de valeur moyenne digne de confiance, excepté pour les petites installations où le dénominateur sera plus élevé.

Même dans les circonstances les plus favorables, l'eau qui s'écoule dans les turbines ne représente qu'une proportion très variable de celle qui est précipitée sur la surface de ruissellement qui alimente les bassins de réception.

Il est d'après cela nécessaire de se rapporter généralement aux autres facteurs qui affectent le problème, spécialement dans le cas de l'alimentation des bassins-réservoirs qui constituent la partie essentielle de l'installation.

Les formules pour calculer le débit d'un bassin-réservor ont fait l'objet d'études de la part de bien des ingénieurs, mais elles emploient toutes des coefficients qu'il est impossible de considérer comme définitifs, sans une étude spéciale de la nature des surfaces de ruissellement et de la hauteur de pluie. On peut cependant admettre que l'étude des observations sur les hauteurs de chute de pluie pour une période de trente ans donnera un idée suffisamment exacte des conditions qui sont à prévoir dans l'avenir et si les différences de débits correspondent bien aux calculs établis pour les faibles, moyennes ou fortes chutes, selon la nature des surfaces de ruissellement de manière à prévoir des évaluations aussi exactes que possible. Comme exemple pratique de la méthode, le tableau empirique suivant a été adopté à titre d'essai par les provinces unies de l'Inde.

Les faibles chutes de pluie de moins de 0,012 en 24 heures ne sont pas à envisager à moins d'être continues pendant plusieurs jours ; dans le cas de chutes de $0^{m},0125$ à $0^{m},025$ par 24 heures, celles-ci ne sont pas non plus à envisager si elles ne présentent pas de précipitations de pluie antérieures ou postérieures.

Dans le cas de chute de pluie de $0^{m},038$, si elles ne sont pas suivies ou précédées par des précipitations analogues ou de plus grande intensité, elles sont considérées comme faibles.

Les chutes de pluies moyennes sont celles de $0^{m},038$

quand elles sont suivies ou précédées par des chutes même faibles ; ainsi toute chute de 0m,038 à 0m,076.

Les fortes chutes sont celles de 0m,076 ou les chutes de pluie continues de plus de 0m,050 par jour; ainsi toute chute de pluie d'une intensité de 0m,050 à l'heure ou plus.

Pourcentage de ruissellement moyen :

	A	B		D	E C
Chutes de pluie faible :	1 %	3 %	5 %	10 %	15 %.
Chute de pluie moyenne :	10 %	15 %	20 %	25 %	33 %.
Forte chute de pluie :	20 %	33 %	40 %	55 %	70 %.

A = Surface de ruissellement en plaine cultivée et recouverte de terreau à coton noir.

B = Surface de ruissellement en plaine, partiellement cultivée, sur un sol durci.

C = Surface de ruissellement moyenne.

D = Plaines et collines avec peu de culture.

E = Sol très accidenté, escarpé et rocheux avec très peu de culture ; la question de l'évaporation intervient lorsque l'on emploie de longs canaux ou de grands réservoirs d'alimentation.

Le pourcentage actuel de l'évaporation varie d'autant plus qu'il n'y a pas de configuration générale dont il ne soit nécessaire de tenir compte.

La filtration et l'absorption correspondant à toute quantité d'eau précipitée de quelque importance doivent être déterminées dans chaque cas.

La perte par filtration et par absorption correspondant à toute quantité de pluie précipitée de quelque importance doit être déterminée dans chaque cas où elle se produit.

Les diagrammes suivants doivent être pris en considération dans les divers projets qui nécessitent la construction de réservoirs ; 882.000 mètres cubes d'eau donnent un flux de 28 litres par an, ce qui correspond, en tenant compte des pertes, à environ 980.000 mètres cubes d'eau (environ 35.000.000 de pieds cubes).

Un mille carré submergé sous un pied d'eau correspond à environ 27 millions, 75 de pieds cubes d'eau, soit 770.000 mètres cubes et la surface d'un acre dans les mêmes conditions à 43.000 pieds cubes, soit 1.200 mètres cubes en chiffres ronds.

L'emplacement idéal pour un réservoir est quand le flux est obtenu par une bonne surface de ruissellement qui s'étend à travers une vallée convenablement aérée avec des sections en plaine, longitudinales et transversales. Les puits d'essai isolés ne constituent pas un élément suffisant pour constituer avec les terres rejetées, des tranchées, creusées suivant les alignements.

Quand la surface de ruissellement est large, la vallée cultivée et que la nappe d'eau s'écoule au-dessus de la digue elle-même, il est généralement plus économique de construire la digue à l'endroit où l'on trouve le meilleur rocher pour les fondations, de préférence à l'endroit le plus resserré de la vallée.

La hauteur économique de la digue et le niveau auquel le bassin-réservoir doit être rempli dépendent :

a) Soit des nécessités prévues pour la force motrice, ou bien de celles prévues pour l'irrigation, ou bien des deux à la fois.

b) De la surface des bassins nécessaires pour les réservoirs d'emmagasinement ; il est fréquemment possible, soit d'ajouter une surface de réservoir supplémentaire, ne nécessitant qu'une faible dépense où la quantité d'eau emmagasinée est toujours déficitaire, ou bien à détourner par le drainage une partie de l'eau qui recouvre la surface sur une autre, quand il y a un excédent d'alimentation par rapport aux nécessités et qu'il en résulte des inconvénients aux environs des déversoirs.

c) Chute de pluie sur le réservoir et flux actuel de ruissellement.

d) Nature de la surface submergée où une très grande hauteur d'eau peut influer d'une part sur la submersion de la propriété en valeur, ou d'autre part, nécessiter des réservoirs d'emmagasinement qui seraient à augmenter de 50 à 100 %.

e) Nature des saisons ; aux mêmes endroits, le ruissellement peut varier de 0 à près de 100 % de la quantité de pluie précipitée.

Il est suffisant d'admettre ici un coefficient d'efficacité pour tout l'ensemble de l'installation de 76 %. Avec cette efficacité, 1.000 kilowatts nécessitent un flux de 4.351 l., 12 sous 304m,80 de hauteur de chute, soit mille pieds pour 34.625 kilogrammètres par seconde sous une hauteur de chute différente. Avec une chute supposée de 1.000 pieds de haut, soit 304 l.8, le flux est de 15,5 c/secs, soit 435 litres, correpondant en chiffres ronds, à l'exclusion de l'évaporation et de la filtration, à 1.300.000 pieds cubes par jour, soit 37.250 mètres cubes par jour ou 1.117.500 mètres cubes par mois et 13 millions 400.000 mètres cubes par an pour maintenir la production continue de 1.000 kw d'énergie.

La fonction de l'eau emmagasinée est d'une part d'accroître la puissance pour toute l'année ou la saison sèche et d'autre part le débit régulier. Cette dernière peut, dans des conditions favorables, être capable aussi d'être augmentée en même temps que les dimensions de l'installation.

La quantité d'eau emmagasinée qui sert à fournir 1.000 kw par an pour 1.800 pieds de hauteur de chute, soit 540 mètres, donnera le même résultat pour un mois à 150 pieds, soit 45 mètres, et pour un jour seulement à 5 pieds, soit 1m,50.

Dans les limites ordinaires des dépenses de capital, un projet qui dépend entièrement de l'emmagasinement à la mousson, avec un influx de courant inappréciable pendant la plus grande partie de l'année, est impraticable, excepté pour de grandes chutes. Quand un flux modéré correspond normalement à une grande hauteur de chute, l'emmagasinage par accumulation en grande quantité peut être utilisé pour augmenter le flux de courant à la saison des basses eaux, pourvu que le flux en excès pendant la période de ruissellement soit utilisé au remplissage du réservoir.

Ainsi, un flux de 15 c/secs, soit 420 litres par seconde pour 2.000 pieds de hauteur de chute, soit 600 mètres, donnera 6.000 kw de façon continue, ou davantage encore avec les facteurs de charge ordinaires.

Si ce flux est minimum, une plus grande quantité d'eau pourra être canalisée pour concourir au remplissage à d'autres moments, quand les réserves d'eau à emmagasiner font défaut.

Supposons que le flux moyen pendant l'année soit de 1.460 litres, on peut alors emmagasiner 840 litres de flux, correspondant à une réserve de 26.600.000 mètres cubes dans l'année, mais comme il se produirait un déficit quand le flux diminue, une partie seulement de la capacité réservée à l'emmagasinage sera actuellement nécessaire.

Il serait suffisant, d'après cela, d'assurer le débit continu de 4.000 kw, de telle sorte que toute l'installation, en supposant un facteur de charge de 50 %, correspondrait à 12.000 kw; quand un flux modéré minimum est combiné avec une chute moyenne, l'emmagasinage dans de grandes proportions peut être utilisé pour recueillir le flux en excès dans ces limites.

Si le flux minimum est équivalent à 2.000 kw, soit 2.800 litres pour 90 mètres de hauteur de chute, et que le flux moyen soit de 5.600 litres, la totalité de l'excédent ne peut pas être emmagasiné sans une dépense excessive ;

mais un réservoir de dimensions pratiques pourrait être établi pour une installation d'au moins 2.000 kw ou plus importante.

Dans le premier cas, cela correspond à un excédent de 800 kw travaillant continuellement pendant neuf mois. Dans le troisième cas ils mettront en action 2.400 kw pendant les trois mois de la saison sèche, soumis dans ces deux cas au facteur de charge qui permettra d'augmenter l'importance de l'installation.

Il arrive généralement que pour les réserves emmagasinées pour les hauteurs de chute moyenne, celles-ci peuvent être utilisées en cas de sécheresse ou dans le cas d'accident, obstruction ou rupture dans la canalisation d'eau quand cela est nécessaire, et non pour augmenter la capacité de débit de l'installation au-delà de celle qui est prévue pour le flux de courant normal.

Pour la régularisation du débit, il peut être cependant utilisé dans les cas tout à fait spéciaux, quand le facteur de charge est mauvais. Ainsi dans le cas d'une petite installation, si la charge maxima journalière au-dessus de la pointe correspondant à l'éclairage est trois ou quatre fois la charge moyenne, et le flux de courant minimum normal peut être évalué suivant le niveau à établir dans le déversoir amont en prévision d'un très faible emmagasinage.

Un flux de courant minimum de 560 litres-seconde en saison sèche pour une chute de 150 mètres de hauteur équivaut à 630 kw capables de donner 15.000 unités par jour, si cela est nécessaire (fig. 1).

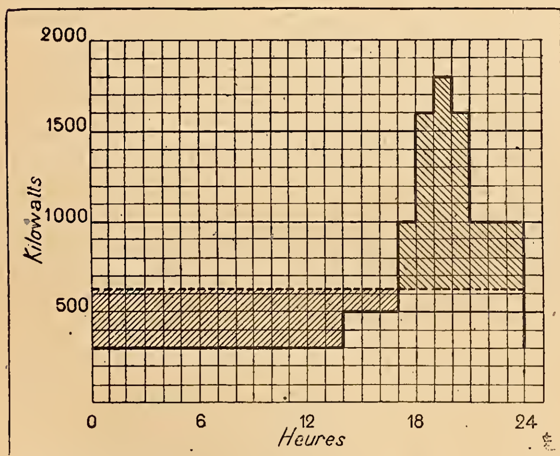


Fig. 1.

La courbe de charge délimitant l'aire du travail produit met en évidence une pointe de charge de 1.800 kw pour une heure, et le facteur de charge (c'est-à-dire le rapport de la surface de la courbe à celle comprise dans le rectangle) est 34 %, de sorte qu'il y a production dans l'ensemble de 14.700 unités.

Entre minuit et 17 heures, 5.700 unités sont généralement produites, tandis que le flux de courant est capable de produire 630 × 17 = 10.700 unités. D'après cela, une production de $\frac{5.000}{10.700}$ de 560 litres-seconde de flux, soit 260 litres-seconde, peuvent être emmagasinés, lesquels représentent en 17 heures, 158 mètres cubes, qui fourniront encore le supplément de 4.600 unités entre 17 heures et minuit; à plusieurs reprises, cette question de détail a été agitée faute d'avoir suffisamment compris cette application importante des réserves. Généralement, une grande quantité d'eau ne peut être pratiquement emmagasinée, pour une installation à très faible hauteur de chute, malgré que l'on puisse constituer une réserve d'eau considérable derrière une digue; soit que l'on alimente directement dans les turbines ou bien que l'on alimente le courant d'amont antérieur, celle-ci est généralement plus que suffisante pour régulariser le débit.

L'énorme volume d'eau nécessaire pour maintenir un débit régulier dans l'installation avec un mois d'avance rend impossible la réalisation commerciale de cette condition.

(*A suivre.*) C. SCHMITT.

Nouveau dispositif radiotélégraphique d'alarme.

Un nouveau système d'alarme radiotélégraphique, spécialement destiné à la sauvegarde de la vie en mer, a été imaginé par la Compagnie Marconi et récemment installé à Chelmsford. Le dispositif permettra à tout navire en détresse d'actionner automatiquement des sonneries d'alarme installées à bord des vaisseaux se trouvant dans les limites de sa portée, et supprimera la nécessité pour les opérateurs d'être constamment à leur poste. Il comprend un transmetteur automatique lançant un signal spécial et un récepteur de fonctionnement assuré, qui répond uniquement à ce signal. L'attention sera ainsi immédiatement et généralement attirée sur les appels urgents, tels que S. O. S. et T. T. T., l'avertissement du danger de glaces. Le dispositif a été utilisé, paraît-il, durant la guerre, pour faire exploser des mines, et son action a été démontrée aux usines Mareoni le 15 janvier, où de la poudre à canon fut enflammée par les ondes d'une station située à une distance de 30 milles.

(*Électrical Review.*)

Convertisseur à vapeur de mercure pour le tramway de Lausanne.

La sous-station de Mézières, qui alimente la ligne Lausanne-Mendon à 800 volts était pourvue de deux groupes moteur-générateur et une batterie-tampon. Une transformation de l'installation ayant été jugée nécessaire, on en a profité pour supprimer la batterie et installer un convertisseur triphasé à vapeur de mercure de 150 kw., 800 v. alimenté par un transformateur spécial avec primaire à 8000 v.

M. G.

L'ELECTRICIEN insère les communications de caractère professionnel qui lui sont adressées par ses lecteurs ou par les associations et syndicats intéressés.

UN POSTE POUR LA RÉCEPTION D'ONDES amorties ou non amorties.

La plupart des récepteurs modernes de T. S. F. à hétérodyne ont l'inconvénient d'envoyer dans l'antenne réceptrice de faibles ondes qui brouillent es autres postes.

Ce défaut est si grave, que la future législation de la T. S. F. interdira probablement l'emploi de ce système.

Un dispositif inventé par M. Scott Taggart, et décrit dans l'*Electrical Review* surmonte la difficulté, tout en obtenant un grand accroissement d'efficacité, ceci par l'emploi d'un tube à vide spécial.

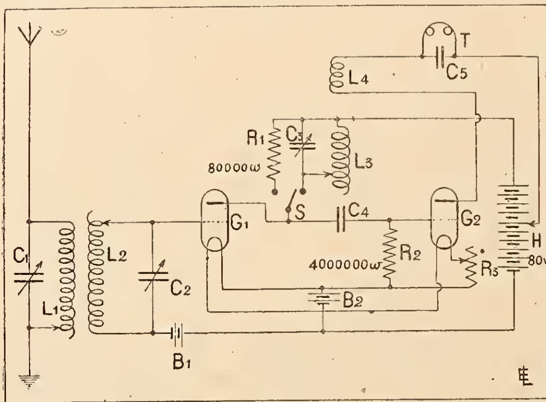


Fig. 1.

Le circuit de l'antenne (fig. 1) comporte une inductance variable L_1, shuntée par un condensateur variable C_1 de 0,01 mfd. environ. Le circuit récepteur fermé comporte une inductance variable L_2 shuntée par un condensateur C_2, de 0,01 mfd. Sur le circuit oscillant sont connectés la grille G_1 et le filament du premier tube à 3 électrodes. Une pile B donne à la grille un petit potentiel négatif et diminue ainsi les courants de la grille qui pourraient causer des perturbations.

Le circuit-plaque du premier tube à vide contient la batterie H et la résistance R_1 non inductive (de 80.000 ohms environ), ou le circuit oscillant variable L_3 C_3, selon la position du commutateur S.

Pendant la réception, les tensions à haute fréquence, par R_1 ou L_3 C_3, sont transmises à la grille G_2, à travers le condensateur C_4, de 0,0003 mfd. environ. Ce condensateur isole la grille G_2 de la batterie H, qui autrement lui donnerait un très haut potentiel positif. La seconde valve agit comme un redresseur ; les charges accumulées sur la grille G_2 s'écoulant par R_2, résistance non inductive de 4 mégohms environ.

Les résistances R_1 et R_2 peuvent être faites de feuilles d'ébonites à encoches, enduites de graphite.

Le circuit-plaque du 2e tube à vide contient une inductance apériodique L_4 et deux téléphones T, shuntés par un condensateur C_5 de 0,001 mfd environ, par lequel passe la composante à haute fréquence du courant du second tube.

Un commutateur de batterie permet de maintenir la tension du second circuit à sa valeur optima, plus faible que celle du premier circuit. Sur le circuit du filament de la seconde valve, on intercale un rhéostat R_3, de 5 ohms environ.

Sa manière d'opérer est la suivante :

Si la résistance R_1 est en circuit, le dispositif est en état de recevoir des ondes amorties, le seul réglage nécessaire étant celui de l'antenne et du circuit L_2 C_2.

Si le circuit oscillant L_3 C_3 est utilisé, il doit être syntonisé, pour donner les meilleurs résultats. La bobine L^4 est ensuite rapprochée de L^3 et l'accouplement est tel qu'il se produise une amplification. On peut d'ailleurs recevoir des ondes entretenues en laissant l'accouplement lâche entre L_4 et L_3 : il se produit en effet des oscillations propres dans le second tube. On peut modifier leur fréquence en ajustant C_3 et L_3. Le premier tube laisse passer les ondes continues, mais il empêche les oscillations locales de passer dans l'antenne.

Le circuit oscillant L_3 C_3 doit être tenu aussi loin que possible de l'antenne et des circuits fermés récepteurs.

On obtient ainsi un dispositif efficace pour recevoir à la fois les ondes entretenues et les ondes amorties; il peut être monté rapidement, et n'émet pas d'ondes pendant l'opération. M. S.

PRATIQUE INDUSTRIELLE

Le graissage des moteurs électriques.

Les applications toujours plus nombreuses de la force motrice dans l'agriculture et la petite industrie y ont développé l'utilisation des moteurs électriques. Cet essor a été favorisé par la fabrication en série de petits moteurs réunissant l'avantage d'un minimum de surveillance et de frais réduits d'achat et d'exploitation.

Pourtant, cette surveillance ne saurait être négligée complètement. Les enroulements n'exigent qu'un contrôle périodique à d'assez grands intervalles variant généralement de six mois à un an, mais un peu plus fréquents pour des installations exposées à la poussière et à l'humidité. Par

contre, les paliers doivent être vérifiés à chaque mise en marche, en raison de leur grande vitesse de rotation qui amènerait des accidents en cas de graissage insuffisant ou d'encrassement.

Pour les petits moteurs, on emploie surtout des paliers à bague. Le graissage y est réalisé par une bague dont la partie inférieure trempe dans l'huile et qui, actionnée par le mouvement de rotation de l'arbre du moteur, entraîne l'huile nécessaire qu'elle distribue sur l'arbre.

Plusieurs causes peuvent amener des avaries dans les paliers. Nous citerons les suivantes :

1° *Fluidité insuffisante de l'huile.* On ne doit employer que de la bonne huile minérale suffisamment fluide et exempte de toute acidité. Les huiles végétales sont à exclure. A toutes les températures auxquelles le moteur est exposé, l'huile doit rester aussi onctueuse que possible. En particulier, en hiver, elle ne doit ni geler ni s'épaissir.

2° *Encrassement.* Dans le cas de poussières abondantes, l'extrémité de l'arbre peut s'en trouver recouverte : la poussière adhère alors fortement par l'intermédiaire d'une mince couche d'huile et, agissant comme une mèche, aspire peu à peu l'huile du palier.

3° *Introduction de corps étrangers dans le palier.* Les corps étrangers d'une certaine grosseur peuvent gêner l'action de la bague. Les petits, comme les poussières, attaquent à la longue la surface du palier et de l'arbre. Des couvercles bien fermés protègent habituellement de manière suffisante contre les gros corps étrangers. Il est plus difficile de se protéger des poussières, en raison de la nécessité de ménager une circulation d'air frais pour la réfrigération.

4° *Quantité insuffisante d'huile.*

5° *Huile usagée.* Avec le graissage à bague, l'huile après graissage revient dans le palier où elle est reprise par la bague pour nouvel emploi. Elle perd donc sa valeur lubrifiante avec le temps et devient trouble et épaisse.

6° *Courroie trop fortement tendue.*

Pour éviter les perturbations précédentes, la Société Bronw-Boveri recommande particulièrement de prendre les précautions suivantes :

a) Employer une huile toujours suffisamment fluide pour que la bague suive immédiatement le mouvement de rotation du moteur.

b) Assurer la propreté extérieure et intérieure des paliers.

c) Maintenir les couvercles des paliers bien fermés.

d) Vérifier de temps en temps le niveau de l'huile. Contrôler l'étanchéité du dispositif de vidange (vis ou robinet).

e) Changer l'huile usagée, après nettoyage du palier au pétrole.

f) Ne pas tendre la courroie trop fortement.

L. P.

CONTROLE ET FRAIS DE CONTROLE
des distributions d'électricité.

Un décret en date du 28 février 1920 modifie comme suit le service du contrôle des distributions d'électricité :

Art. 1er. — Les dispositions des articles 5, 6, 7, 9, 11 et 13 du décret du 17 octobre 1907, modifié par le décret du 6 septembre 1912, organisant le service du contrôle des distributions d'énergie électrique, sont remplacées par les dispositions ci-après :

Art. 5. — Les agents désignés par les municipalités pour le contrôle des distributions établies en vertu de concessions données par les communes ou les syndicats de communes et des distributions empruntant exclusivement les voies vicinales et urbaines doivent remplir les conditions de capacité fixées par le ministre des travaux publics.

Ces agents sont soumis à la surveillance de l'ingénieur en chef du contrôle. Des arrêtés du ministre des travaux publics déterminent les conditions de détail dans lesquelles est exercée cette surveillance.

Art. 6. — Les agents des municipalités peuvent, sur la proposition de l'ingénieur en chef du contrôle, et avec l'assentiment des municipalités qui les ont désignés, être chargés, par arrêté du ministre des travaux publics, d'assister l'ingénieur en chef pour le contrôle des distributions visées au chapitre 1er ci-dessus.

Le ministre des travaux publics peut, sur la demande des municipalités et sur la proposition de l'ingénieur en chef, faire exercer le contrôle des distributions visées au présent chapitre par les agents du contrôle de l'Etat.

Art. 7. — Toute commune ou tout syndicat de communes à qui il appartient de pourvoir au contrôle d'une distribution d'énergie électrique, en vertu de l'article 16 de la loi du 15 juin 1906, doit organiser ce contrôle dans le délai de deux mois à partir de la date de l'acte de concession ou de la permission de voirie qui a autorisé la distribution et porter à la connaissance de l'ingéneiur en chef du contrôle les dispositions arrêtées à cet effet.

Si une commune ou un syndicat de communes n'organise pas dans le délai précité et n'assure pas le contrôle des distributions d'énergie électrique auquel il lui appartient de pourvoir, le préfet, sur le rapport de l'ingéneieur en chef, met en demeure la commune ou le syndicat de communes d'assurer ce service dans un nouveau délai de deux mois. Faute, par la commune ou le syndicat de communes, d'obtempérer à cette injonction, le ministre des travaux publics, sur le rapport de l'ingénieur en chef et l'avis du préfet, arrête les conditions dans lesquelles ce contrôle sera provisoirement exercé par les agents du contrôle de l'Etat.

Le contrôle cessera d'être exercé par les agents de l'Etat si la commune ou le syndicat de communes prend les mesures nécessaires pour assurer autrement son fonctionnement.

Dans le cas où, après avoir été organisé par la commune ou le syndicat de communes, le service du contrôle ne fonctionnerait pas dans des conditions satisfaisantes, un décret rendu en Conseil d'Etat, après mise en demeure, prescrira sa remise provisoire aux agents de l'Etat.

Art. 9. — Le ministre des travaux publics arrête chaque année les bases d'après lesquelles sont fixés à forfait les frais de contrôle dus à l'Etat par les entrepreneurs de distributions établies en vertu de permissions ou de concessions.

Ces frais proportionnels à la longueur des lignes ne peuvent dépasser 20 fr. par kilomètre de ligne et par an, pour les distributions soumises au contrôle exclusif de l'Etat, et 10 fr. par kilomètre de ligne et par an, pour les distributions soumises au contrôle des municipalités sous l'autorité du ministre des travaux publics.

Art. 11. — Les frais de contrôle dus aux municipalités sont déterminés par le conseil municipal. Ces frais ne peuvent dépasser 10 fr. par kilomètre de ligne et par an.

Lorsque le contrôle municipal est exercé par les agents du contrôle de l'Etat en vertu du deuxième alinéa de l'article 6 ou des deuxième et troisième alinéas de l'article 7 ci-dessus, il est perçu, au profit de l'Etat, tant pour ce contrôle que pour la surveillance exercée par l'administration des travaux publics sur les distributions visées au chapitre II du présent décret, des frais de contrôle calculés sur les mêmes bases que pour les distributions faisant l'objet du chapitre Ier.

Le maire adresse au commencement de chaque année à l'ingénieur en chef du contrôle le relevé des sommes encaissées au cours de l'année précédente accompagné de l'indication de l'emploi qui en a été fait.

Art. 13. — Le nouveau tarif maximum fixé par les articles 9 et 11 ci-dessus sera applicable à dater du 1er janvier 1920. Il pourra être révisé tous les cinq ans à partir de cette date.

Art. 2. — Le présent décret recevra son application à dater du 1er janvier 1920.

Art. 3. — Le ministre des travaux publics, le ministre de l'intérieur et le ministre de l'agriculture sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française et inséré au *Bulletin des lois.*

FRAIS DE CONTROLE DES DISTRIBUTIONS D'ÉLECTRICITÉ

Suivant arrêté du 19 mars 1920, les frais de contrôle dus à l'Etat par les entrepreneurs de distributions établies en vertu de permissions ou de concessions, sont fixées pour 1920 à :

20 francs par kilomètre de ligne et par an pour les distributions soumises au contrôle exclusif de l'Etat.

10 francs par kilomètre de ligne et par an pour les distributions soumises au contrôle des municipalités sous l'autorité du ministre des travaux publics.

* * *

INSTITUTION

d'un service central des forces hydrauliques et distributions électriques.

Par arrêté du 28 février 1920 a été institué un service central des forces hydrauliques et des distributions d'énergie électrique chargé ;

a) D'étudier les projets d'établissement de grands réseaux de transport et de distribution d'énergie électrique, notamment dans les régions libérées, et, éventuellement, d'en diriger l'exécution lorsque les travaux seront effectués aux frais ou avec le concours de l'Etat ;

b) De constituer et de tenir à jour une documentation technique sur les travaux de distribution d'énergie électrique et d'aménagement des cours d'eau, d'étudier les types et conditions générales des ouvrages en vue notamment de faciliter la préparation des projets d'exécution par l'Etat, les départements ou les communes, de réseaux de distribution ou d'usines hydro-électriques ;

c) Et, d'une manière générale, d'étudier toutes les questions se rattachant aux distributions d'énergie électrique et à la production de l'énergie hydro-électrique qui lui seront renvoyées par le sous-secrétaire d'Etat des mines et des forces hydrauliques.

Inventions. — Appareils et procédés nouveaux.

RUPTEUR FIXE POUR MAGNÉTO D'ALLUMAGE HAUTE TENSION

Le rupteur représenté par la figure 1 est caractérisé par

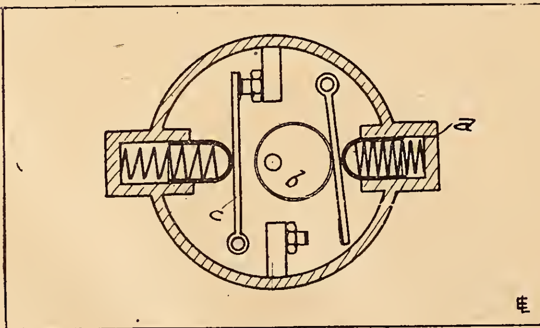


Fig. 1.

le fait que les leviers *c* de rupture sont montés sur le socle fixe ainsi que les plots de travail. La came *b* est seule solidaire de la partie tournante. Des cavités en *a* portent des ressorts destinés à agir sur les leviers *c*. — (Br. F. 497.550.)

DISPOSITIF DE RÉGULATION DES GROUPES CONVERTISSEURS A VOLANT

Ces groupes employés pour l'alimentation de moteurs à charge variable (laminoirs), sont munis d'un dispositif de régulation automatique agissant sur un rhéostat, et destiné à maintenir constante la puissance absorbée par le moteur du convertisseur, en agissant sur la vitesse du groupe. Ces dispositifs agissent avec retard dans le cas de puissances variant instantanément, à cause de l'inertie et des selfs.

On adjoint ici au régulateur automatique (constitué soit par un moteur à relais, soit par un moteur dont le couple est fonction du courant absorbé par le moteur du groupe convertisseur) un moteur auxiliaire dont le couple normal est nul, mais prend une certaine valeur quand la puissance demandée subit une variation.

Dans la figure 2, *a* est le moteur du groupe convertisseur, *b* sa génératrice alimentant le moteur *c*, *e* est le rhéostat de réglage de vitesse du moteur *a*, lequel est commandé

par le régulateur *f* soumis lui-même à l'action du courant alimentant le moteur *a*.

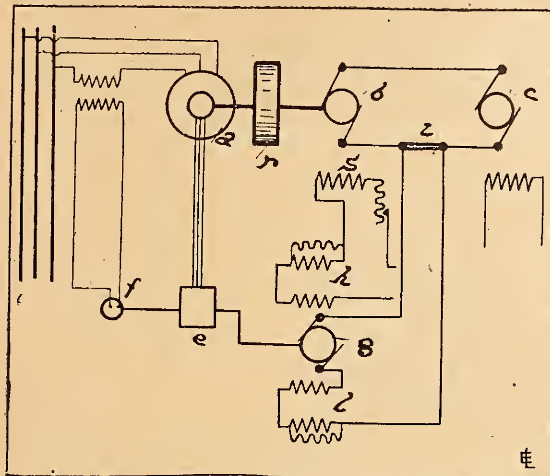


Fig. 2.

On adjoint alors à *f* un moteur *g* dont l'induit est branché aux bornes du shunt *i*. Le moteur *g* est à deux excitations *h* en série agissant en sens inverse l'une de l'autre et en série avec l'inducteur *s* de la génératrice *b*. Deux autres enroulements inducteurs *e* sont montés en série avec la génératrice *g*. — (Br. Fr. 497.499.)

PERFECTIONNEMENTS AUX SYSTÈMES GÉNÉRATEURS D'OSCILLATIONS

La disposition utilisée (fig. 3) est analogue aux autres dispositifs générateurs d'oscillations avec lampes à vide

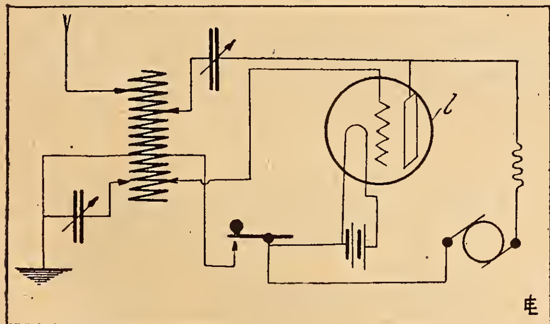


Fig. 3.

à trois électrodes. Le tube à vide *l* à grille de contrôle est monté avec un système de connexions permettant de rendre les constantes du système oscillant indépendantes des constantes de l'antenne, et de fournir les moyens de les régler aux valeurs qui correspondent au meilleur rendement. — (Br. Fr. 497.446.)

APPAREIL PERFECTIONNÉ POUR FIXATION DES CONDUCTEURS ÉLECTRIQUES AUX BORNES

Ce système, qui peut être utilisé pour réaliser les connexions des bougies d'allumage, comporte un fil élastique *a* (fig. 4) enroulé sous forme de ressort, dont l'un des prolongements *c* porte un élément de verrou qui serre l'enroulement et engage le boudin dans le filet.

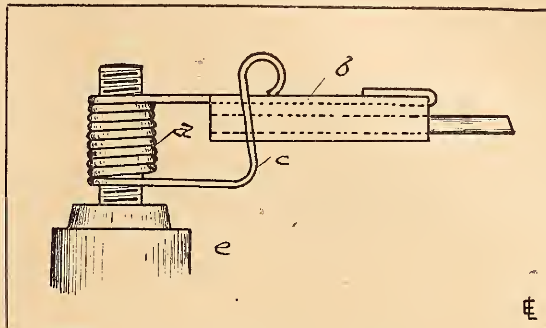


Fig. 4.

Ce serrage s'obtient en passant la boucle *c* derrière la pince de contact *b*. — (Br. Fr. 497.721.)

DISPOSITIF DE COMPTEUR MOTEUR POUR COURANT ALTERNATIF

Ce dispositif consiste en un moteur à induction composé essentiellement (fig. 5) d'un inducteur en fer à cheval *a* produisant le flux de tension, entre les branches duquel est disposée une pièce magnétique *e* portant l'enroulement parcouru par le courant à mesurer *f*. Cette pièce sert aussi à dériver une partie du flux de tension, dont le reste, après avoir traversé l'entrefer moteur, se ferme par des taillies *g* venues de fonte avec le socle.

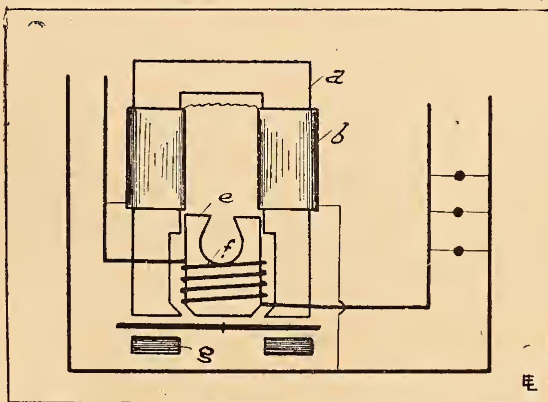


Fig. 5.

La pièce *e* a une forme telle sur le trajet de la portion de flux dérivé qui y passe, que ce compteur est indépendant des variations de tension et de fréquence (section réduite pour saturation).

La dépense de courant est très faible et le couple formé est important. — (Br. Fr. 497.822.) P. M.

ÉLECTROLYSE.

Les anions sont transportés d'une cellule à l'autre par une électrode mobile qui forme temporairement un composé insoluble avec les ions. Ainsi que le montre la figure, les électrodes bipolaires se composent de cylindres tournants C, C' qui sont placés immédiatement au dessus des cloisons *b*, dans un réservoir *a* non conducteur. Une anode

en charbon *f* et une cathode en fer *e* peuvent être placées à l'extrémité du bac. Les cylindres C, C^1 peuvent être

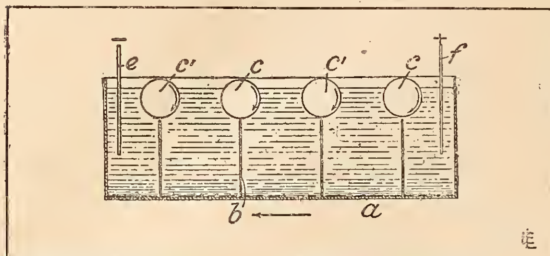


Fig. 6.

constitués ou recouverts d'une couche de métal, par exemple d'argent pour le transport des ions de chlore ou de sulfate dans une solution froide; de cuivre, de nickel ou de fer pour le transport des ions d'hydroxyle dans des solutions alcalines et de plomb pour le transport de l'oxygène dans les solutions acides. Le soufre peut être transporté par l'un quelconque de ces métaux. Si les cylindres C^1 sont en argent et les cylindres C en cuivre, les électrolytes à gauche des cylindres en argent étant salins et les autres étant composés de lait de chaux, le chlorure d'argent est formé et décomposé sur les cylindres d'argent et l'oxyde de cuivre sur les cylindres de cuivre; il y a en outre formation finale de soude caustique et de chlorure de calcium dans chaque compartiment correspondant. De même avec les séries : eau salée, argent, acide sulfurique dissous, plomb, eau salée, etc., il y a formation de soude caustique et d'acide chlorhydrique. Dans une autre série : eau salée, argent, acide sulfurique dissout. plomb, solution de sulfate de calcium, argent, acide, plomb, eau salée, il y a formation de soude caustique, d'acide chlorhydrique, de chaux et d'acide sulfurique. Si les solutions sont concentrées, les produits tombent au fond du bac, la température étant de préférence maintenue dans les environs de 15° C. Lorsqu'on emploie des électrolytes chauds, les compartiments sont étroits pour fournir un plus court chemin aux courants électriques et faciliter la circulation des électrolytes dans les compartiments. Pour maintenir la concentration. on peut ajouter aux bains des particules solides. L'électrolyte adhérent aux cylindres peut être enlevé par lavage à l'eau pulvérisée. Des cloisons peuvent être placées dans les compartiments. (Br. Angl. 133.883.)

M. M.

RELAIS TÉLÉPHONIQUE ELECTROLITYQUE.

L'électrolyte est partagé par une cloison isolante 5 possédant une étroite ouverture, en deux parties, contenant chacune une électrode 3,4 (fig. 7); le passage du courant à travers cette ouverture est rendue variable, par exemple, à l'aide d'une valve 9 agissant par l'intermédiaire d'un diaphragme 7 de transmetteur téléphonique. La valve 9 est percée en 10 pour former matelas d'air. Le diaphragme 7 peut transmettre les vibrations directement ou les transmettre par l'intermédiaire d'une tige et d'un second diaphragme à l'électrolyte et peut constituer une électrode. Les dérangements se transmettent au liquide et en modifient la résistance. Dans le type représenté sur la figure, le diaphragme 41 forme cloison à travers laquelle le courant passe entre les électrodes; l'autre cloison est formée par une surface rigide et ondulée 43. Des tubes de caoutchouc 44 sont diposés dans les ondulations pour former des matelas d'air. Le système peut être actionné électro-magnétiquement pour former un relais. L'électrolyte peut être du sulfate de cuivre avec des électrodes en cuivre, du nitrate de mercure avec des électrodes de mercure ou tout autre combinaison dont la constitution chimique ne peut être modifiée et qui ne peut donner naissance à la formation de gaz au passage du courant. La résistance peut être modifiée par la chaleur produite par le passage de l'électrolyte à travers les petits trous. La valeur du courant peut être affectée alternativement par un champ magnétique

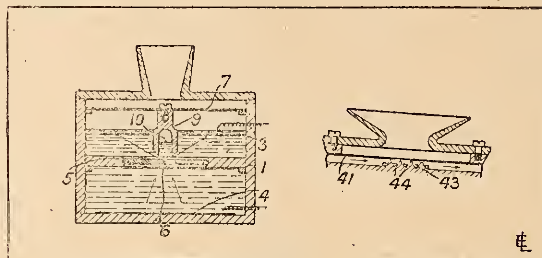


Fig. 7.

variable. La pression sur la surface du liquide peut être enregistrée par les variations produites dans le courant Au lieu de parler directement contre le diaphragme, on peut employer un récepteur téléphonique, ce qui permet de se servir de l'appareil comme de relais téléphonique. Cette invention peut s'appliquer à la recherche du bruit des vagues sous-marines. Une bande verticale pouvant être déplacée transversalement peut agir comme obturateur et servir à modifier l'ouverture du diaphragme; cette bande peut être déplacée à l'aide d'une bobine mobile d'un siphon recorder. (Br. Angl. 134.865.)

M. M.

ENROULEMENTS DE DYNAMOS EN FAISCEAUX DE BARRES.

Les conducteurs en barres sont constitués par plusieurs bandes isolées a^1..., a^8, (fig. A) empilées les unes sur les autres et coudées en *e*. La bande a^1, qui va de la partie inférieure à la partie supérieure, n'a pas besoin d'être

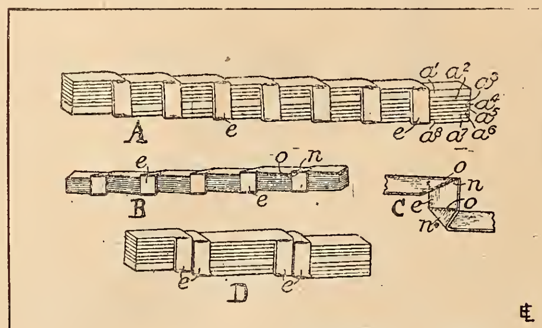


Fig. 8.

recourbée et peut être plus épaisse que les autres. Les dépressions formées peuvent être remplies avec des matériaux isolants et fournir une barre à côtés unis. Les figures B et C montrent la modification apportée au système lorsqu'on emploie des bandes très épaisses; chaque bande étant pliée deux fois suivant les lignes *n*, *o*. Deux ou plusieurs bandes peuvent être ramenées au même point ainsi que le montre la figure D. (Br. Angl. 133.961).

M. M.

L'ÉCOLE DE L'ÉLECTRICIEN

Enseignement pratique de l'électricité industrielle.

Nous rappelons que dans le but d'intéresser d'une façon particulière les lecteurs de cet enseignement à un travail suivi qui puisse leur être réellement profitable, nous avons ouvert entre eux un **CONCOURS**, *doté de* **PRIX**.

Des **MENTIONS** seront en outre délivrées à tous les participants dont les envois auront obtenu une moyenne au moins égale à la note 14. Nous invitons tous nos lecteurs à nous adresser, dans le délai d'un mois, les solutions des problèmes proposés. Des *mentions* seront décernées à tous ceux qui auront obtenu une moyenne d'au moins 14 pour un nombre de problèmes dont le minimum sera déterminé par le jury du concours

Étude de l'Électromagnétisme.

SOMMAIRE : *Objet de l'électromagnétisme. Expérienee d'Œrstedt. Règle d'Ampère. Principe des galvanomètres. Règle du tire-bouchon. Loi des actions des courants sur les courants. Solénoïdes. Intensité du champ magnétique à l'intérieur d'un solénoïde. Force magnétomotrice d'un solénoïde. Flux de force magnétique.*

27. OBJET DE L'ÉLECTRO-MAGNÉTISME.

L'électromagnétisme étudie les actions magnétiques qu'un courant électrique exerce à l'extérieur du circuit qu'il parcourt. Nous avons déjà dit qu'il existe une relation étroite entre le magnétisme et l'électricité.

28. EXPÉRIENCE d'ŒRSTEDT.

Supposons une aiguille aimantée horizontale, mobile sur un pivot vertical et orientée dans la

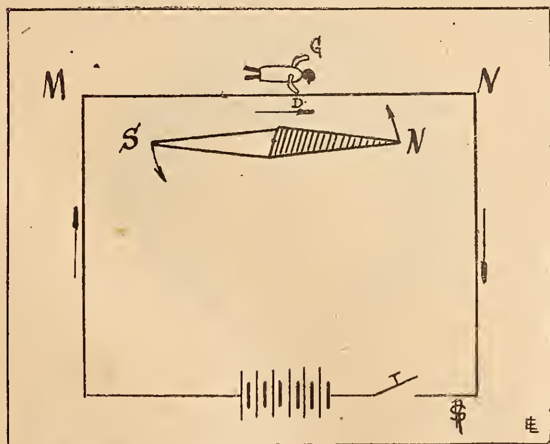


Fig. 42.

direction du méridien magnétique NS (fig. 42). Plaçons cette aiguille au-dessous du fil MN et parallèlement à la direction de ce dernier. Si l'on fait passer un courant dans ce fil, l'aiguille subira une déviation et tendra à se mettre en croix avec la direction du fil. La force qui agit pour faire dévier l'aiguille, due au courant, est appelée *force électromagnétique*. Elle est d'autant plus grande que le courant est plus intense.

29. RÈGLE D'AMPÈRE.

La déviation de l'aiguille n'a pas lieu de façon quelconque. Elle a un sens bien déterminé, qui peut être prévu par la règle d'Ampère.

Un observateur couché le long du fil, face à l'aiguille (fig. 42), de façon que le courant lui entre par les pieds et sorte par sa tête, voit toujours le pôle nord N de l'aiguille dévier vers sa gauche.

30. PRINCIPE DES GALVANOMÈTRES.

On utilise l'action du courant sur l'aiguille aimantée dans les galvanomètres, les indicateurs de sens de courant et les galvanoscopes.

Lorsque l'on veut évaluer la valeur d'un courant, on emploie les galvanomètres (fig. 43) dont le principe est le suivant :

Le fil conducteur dans lequel passe le courant est enroulé de façon à former une bobine entourant l'aiguille (fig. 44). L'action du courant est ainsi augmentée. On peut d'ailleurs vérifier par la règle d'Ampère, et celle du tire-bouchon ci-dessous, que les actions de chaque tour de conducteur autour de l'aiguille sont concordantes et qu'elles s'ajoutent donc. Toutefois, ce nombre de tours est limité, parce que l'on accroît ainsi en

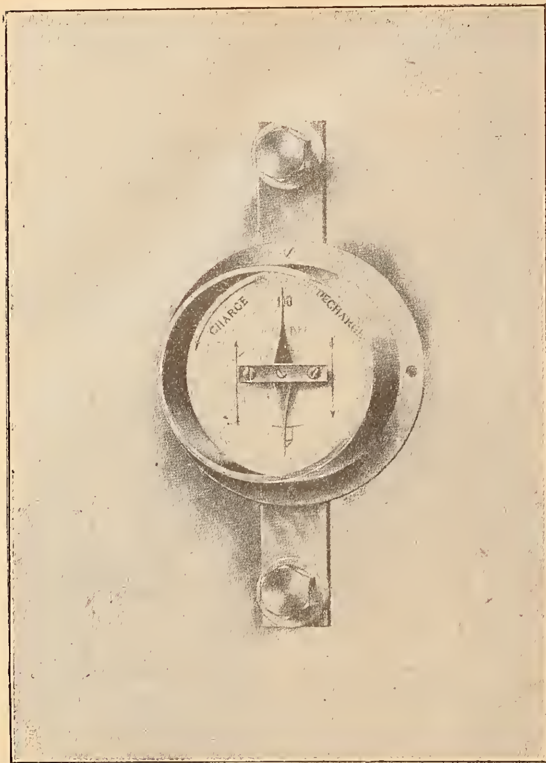


Fig. 43.

même temps la résistance de la bobine et, par suite, on diminue l'intensité du courant pour un diamètre de fil donné.

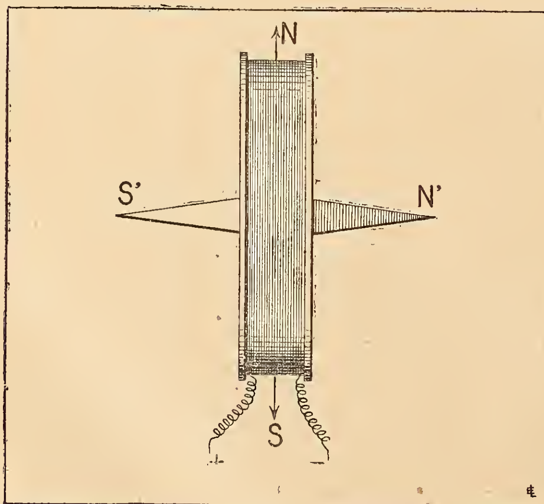


Fig. 44.

L'aiguille étant orientée dans la direction Nord-Sud du méridien magnétique, l'action du courant sera de vaincre le couple directeur qu'exerce le magnétisme terrestre.

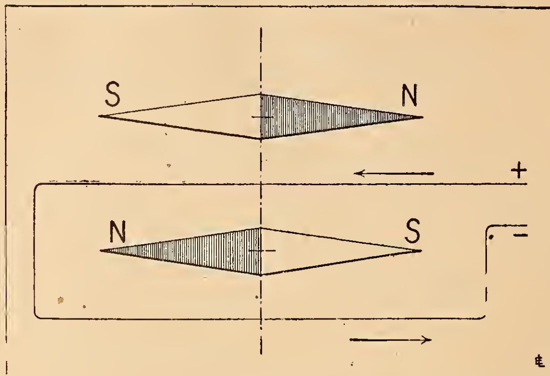


Fig. 45.

Sur la figure 44, la direction nord-sud coïncide avec l'axe N S de la bobine du galvanomètre. La position N'S' de l'aiguille est choisie exprès pour faire apercevoir l'aiguille aimantée de l'appareil. Cette position correspondrait, en supposant que l'aiguille ait tourné de 90 degrés par rapport à l'axe NS, à la déviation maximum du galvanomètre.

Ce système est réalisé pratiquement dans la figure 43.

On peut se dispenser du couple dû au magnétisme terrestre et donner une plus grande sensibilité au galvanomètre en le constituant (fig. 45) de deux aiguilles fixées au-dessus l'une de l'autre,

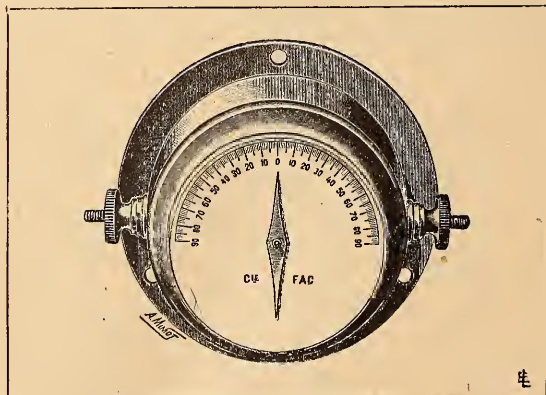


Fig. 46.

de façon à placer en regard leurs pôles de noms contraires et fixées sur le même axe. Toutefois, on donne à l'une des aiguilles une aimantation un peu supérieure à celle de l'autre, de façon que le système s'oriente tout en conservant une grande sensibilité. On appelle ce système *astatique.*

Lorsque l'on a affaire à des courants d'une certaine intensité, on peut réduire la bobine du galvanomètre (fig. 44) à une simple barre de cuivre dans laquelle passe le courant, cela suffit pour faire dévier l'aiguille.

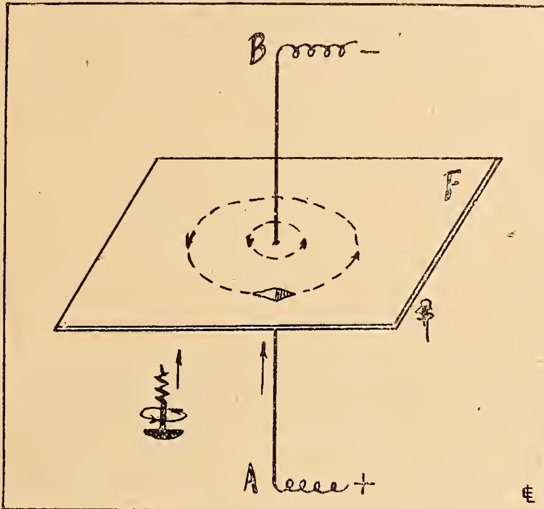


Fig. 47.

On utilise cette propriété dans l'indicateur de sens de courant (fig. 46). Suivant le sens du courant l'aiguille déviera dans un sens ou dans l'autre, conformément à la règle d'Ampère.

30. REGLE DU TIRE-BOUCHON DE MAXWELL.

L'aiguille aimantée déviant sous l'action d'un courant, c'est donc que ce dernier agit comme un

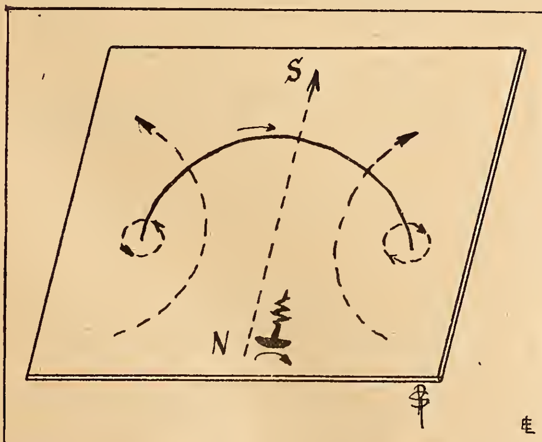


Fig. 48.

aimant. Le passage d'un courant dans un conducteur produit donc des lignes de force comme un aimant ; toutefois, ces lignes de force disparaissent avec le courant. On constate ce fait expérimentalement.

Une feuille de papier F disposée horizontalement est traversée par un conducteur AB vertical. De la limaille de fer répandue sur la feuille se disposera comme il est indiqué en pointillé sur la figure lorsque le courant passera dans le fil, c'est-à-dire suivant des circonférences concentriques, dont le centre est le point où le fil traverse la feuille de papier. C'est l'image des lignes de force dues au courant.

Le sens de ces lignes de force est obtenu faci-

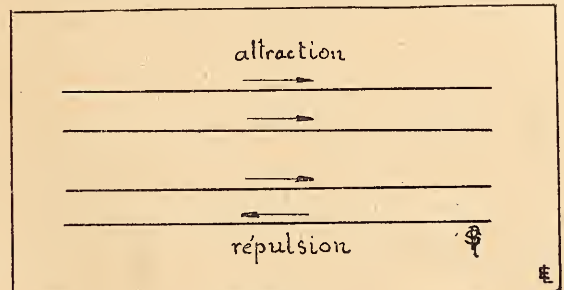


Fig. 49.

lement à l'aide d'une règle très simple appelée *Règle du tire-bouchon de Maxwell.*

On suppose (fig. 47) un tire-bouchon placé parallèlement au conducteur AB et disposé de telle façon que, si on le fait tourner, il avance dans le même sens que le courant.

On verra, par cela, que le sens de rotation pour faire avancer le tire-bouchon dans le sens du courant de la figure, de bas en haut, sera celui indiqué par les flèches. Si le conducteur est disposé en arc, comme sur la figure 48, les lignes de force formeront des cercles autour de chacune des branches de l'arc. Ces cercles vont en s'élargissant

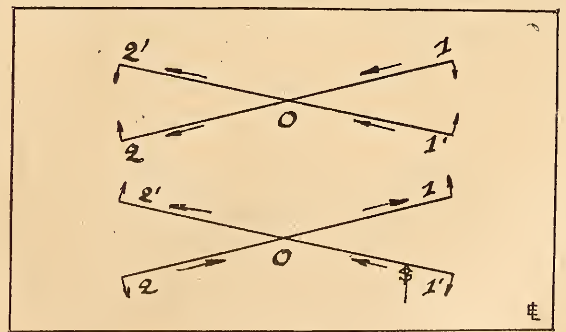


Fig. 50.

Près du centre de l'arc formé par le fil, ils sont des lignes presque droites. Le sens de ces lignes de force

est donné par la règle du tire-bouchon dans les mêmes conditions que précédemment, comme le montre la figure 48.

31. LOIS DES ACTIONS DES COURANTS SUR LES COURANTS.

1re *Loi.* — Deux courants parallèles et de mêmes sens s'attirent.

Deux courants parallèles et de sens contraires se repoussent (fig. 49).

2e *Loi.* — Deux courants non parallèles s'attirent quand ils s'approchent ou s'éloignent tous deux de leur point de croisement. Ils se repoussent si l'un s'en approche tandis que l'autre s'en éloigne (fig. 50).

Exemples. — Dans le cas de la figure 50 : les courants 1 et 1′ s'approchent tous les deux du croisement 0, il y a donc attraction entre 1 et 1′. D'autre part, les courants 2 et 2′ s'éloignent du croisement 0, il y a donc encore attraction entre 2 et 2′. On voit que ces effets sont concordants et concourent ensemble au rapprochement des deux conducteurs l'un vers l'autre. On ferait le même raisonnement pour le schéma inférieur : 1 s'éloigne de 0, tandis que 1′ s'en approche, d'où répulsion. 2 s'approche tandis que 2′ s'éloigne de 0, donc encore répulsion. Effets concordants comme dans le premier cas, concourant à l'éloignement des deux conducteurs.

32. SOLÉNOIDES.

On appelle solénoïde un ensemble de circuits ou spires circulaires formant des plans parallèles juxtaposés, tous perpendiculaires à axe commun NS qu'on appelle axe du solénoïde, et parcourus par un courant de même sens.

Pratiquement, on obtient un solénoïde en enroulant un fil isolé sur une carcasse de bobine. Le diamètre de la bobine obtenu doit être faible par rapport à sa longueur.

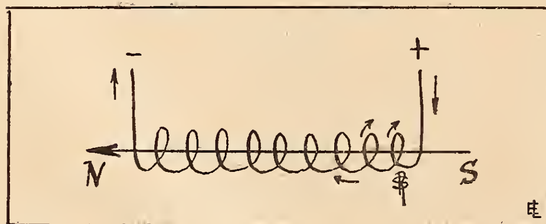


Fig. 51.

Si l'on fait passer un courant dans le solénoïde, on constate expérimentalement qu'il se comporte comme un aimant dont il a toutes les propriétés.

Ainsi, en appliquant la règle d'Ampère ou du tire-bouchon à la figure 51 ci-contre, on verra que le solénoïde aura un pôle nord en N et un pôle sud en S. Il suffit, pour cela, de considérer une seule spire du solénoïde (fig. 52). On voit que le sens du

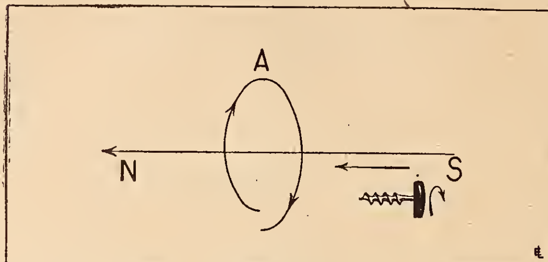


Fig. 52.

courant dans la spire A est indiqué par deux flèches ; en appliquant la règle du tire-bouchon, par exemple, ce dernier tournant dans le même sens que le courant dans la spire, avancera de la droite vers la gauche. C'est le sens des lignes de force dans le solénoïde, dont une est représentée en SN.

De ce qui précède, nous concluons donc qu'un solénoïde se comporte comme un aimant. Il développe, notamment, un champ magnétique produisant des lignes de force, qui sortent par le pôle nord du solénoïde et rentrent par le pôle sud. Ces lignes de force sont sensiblement parallèles à l'intérieur du solénoïde, elles vont en s'épanouissant à leur sortie aux extrémités des pôles du solénoïde pour se fermer en allant d'un pôle à l'autre (fig. 48).

Enfin, on constate expérimentalement, en introduisant une aiguille aimantée dans l'intérieur du solénoïde, que l'action du champ produit par ce dernier sur l'aiguille est sensiblement le même en tout point à l'intérieur de ce solénoïde.

Les lignes de force étant parallèles à l'intérieur du solénoïde et l'intensité du champ magnétique y étant partout la même, on dit que ce champ est *uniforme.*

Si l'on place un noyau de fer à l'intérieur du solénoïde, on transforme alors ce dernier en *électro-aimant.*

33. INTENSITÉ DU CHAMP MAGNÉTIQUE A L'INTÉRIEUR D'UN SOLÉNOIDE.

On calcule très simplement la valeur du champ magnétique à l'intérieur d'un solénoïde.

Supposons un solénoïde de longueur l suivant son axe NS (voir fig. 51) exprimée en centimètres. Appelons N le nombre de spires ou de tours de fil dont il est constitué, I l'intensité du courant qui

le parcourt, l'intensité H du champ magnétique du solénoïde est donnée par la formule :

$$H = \frac{4 \pi NI}{l}$$

Toutefois, il faut remarquer que cette expression n'est exacte que pour des solénoïdes de grande longueur. En pratique, on la considère comme suffisamment exacte lorsque sa longueur égale quinze fois son diamètre.

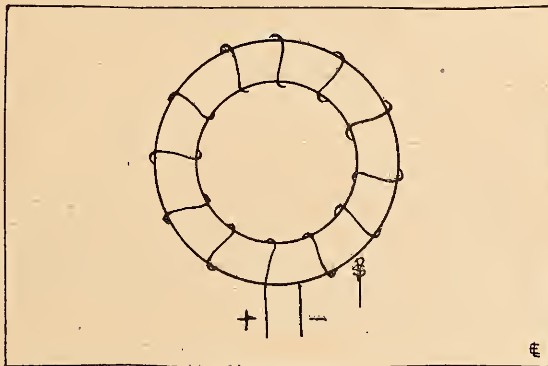


Fig. 53.

Lorsque le solénoïde est circulaire, c'est-à-dire de la forme d'un tore (fig. 53), la formule ci-dessus appliquée à ce genre de solénoïde est plus exacte. Dans la formule ci-dessus, le produit NI est appelé *ampères-tours*, I étant exprimé en ampères.

Mais remarquons bien que le champ H (voir tableau des unités), est une quantité qui s'exprime en unités C. G. S. qu'on appelle *gauss*, il faut donc exprimer, dans la formule du champ H, I en unités C. G. S., c'est $\frac{I}{10}$

Nous avons dit, d'ailleurs, que l est exprimée en centimètres, la formule du champ devient donc :

$$H = \frac{4 \pi NI}{10\, l} \text{ unités C. G. S.} \qquad (31)$$

34. FORCE MAGNETOMOTRICE D'UN SOLENOIDE.

Nous venons de voir que l'intensité du champ à l'intérieur d'un solénoïde est $H = \frac{4 \pi NI}{10\, l}$. Or, cette expression peut se mettre sous la forme

$$H \times l = \frac{4 \pi NI}{10}$$

Cette nouvelle expression donne la valeur de ce qu'on appelle la *force magnétomotrice*; on représente cette dernière par la lettre F, on a donc :

$$F = H \times l$$

ou

$$F = \frac{4 \pi NI}{10} \qquad (32)$$

35. FLUX DE FORCE MAGNÉTIQUE.

Nous avons vu ce qu'on appelle ligne de force dans l'étude du magnétisme.

Considérons (fig. 54) un ensemble de lignes de force groupées en faisceau (comme le seraient, par exemple, des tiges métalliques réunies en paquet); cet ensemble constitue un tube de force, on l'appelle encore *flux de force*. Toutefois, une ligne de force est considérée comme ayant une longueur infinie, sauf dans le cas d'un circuit fermé comme celui de la figure 53, par exemple.

D'une façon générale, si l'on considère, dans un champ de force, une surface S qui coupe normalement les lignes de force en un point P du champ, on appelle flux de force, un tout qui calcule le produit de la surface S par l'intensité du champ au point P considéré.

En électromagnétisme, le *flux de force magnétique* sera le produit de l'intensité du champ magnétique par une surface donnée.

Considérons un champ magnétique dont nous appellerons H l'intensité et supposons une surface S (fig. 54) dont le plan soit normal à la direction

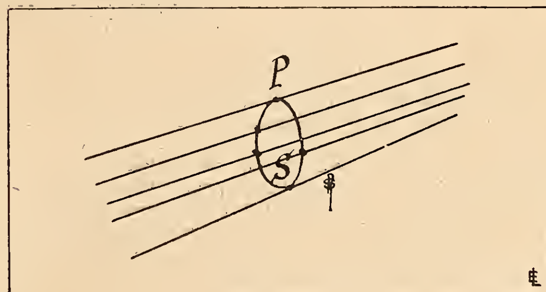


Fig. 54.

des lignes de force. Comme nous venons de le dire, le flux de force du tube formé par l'ensemble des lignes de force coupées par la surface S, évaluée en centimètres carrés, sera représenté dans les calculs par le produit H × S.

On représente le flux, qu'on évalue en unités C. G,. S, par la lettre grecque Φ (*phi*), on a donc :

$$\Phi = H \times S$$

Si nous revenons à la formule (31) donnant l'in-

tensité du champ, nous verrons que le flux de force a pour expression

$$\Phi = H \times S$$

ou

$$\Phi = \frac{4 \pi N I}{10\, l} \times S \quad (33)$$

APPLICATIONS

Exercice 1. — Une bobine de solénoïde est formée de 720 spires, la longueur de la bobine est de 12 centimètres et l'intensité du courant qui la parcourt est de 5 ampères. On demande la valeur du champ, exprimée en unités C. C, . S, auquel donne lieu cette bobine.

Solution.

Nous avons vu que l'intensité du champ sst donnée par la formule (31)

$$H = \frac{4 \pi NI}{10\, l}$$

nous aurons donc, avec N = 720, I = 5 ampères et l = 12 centimètres.

$$H = \frac{4 \pi \times 720 \times 5}{10 \times 12} = 377 \text{ unités C. G. S.}$$

Exercice 2. — *Quelle est la force magnétomotrice d'une bobine parcourue par un courant de 4 ampères, si son nombre de spires est de 250 ?*

Quel est le nombre d'ampères-tours de cette bobine ?

Quelle est la longueur de cette bobine, si le champ qu'elle développe avec le courant de 4 ampères est de 300 unités C. G. S. ?

Solution.

1° La force magnétomotrice est donnée par la formule $F = \frac{4 \pi N I}{10}$ lorsque l'on connaît le courant I et le nombre de spires N, comme c'est le cas ici ; on aura donc, avec N = 250 et I = 4 ampères :

$$F = \frac{4 \pi \times 250 \times 4}{10} = 1256$$

2° Le nombre d'ampères-tours est N × I, c'est donc :

ampères-tours = 250 × 4 = 1000.

3° D'après la formule $H \times l = \frac{4 \pi N I}{10}$, on tire :

$l = \frac{4 \pi N I}{10 \times H}$, où N = 250, I = 4 et H = 300, la longueur de la bobine est donc de

$$l = \frac{4 \pi \times 250 \times 4}{10 \times 300} = 4 \text{ centimètres à peu près.}$$

R. Sivoine,
Ingénieur E. T. P.

N.-B. — Le manque de place nous oblige à reporter au prochain numéro la série de problèmes proposés aux lecteurs, correspondant à cette leçon.

TRIBUNE DES ABONNÉS

DEMANDES

N° 83. — J'ai lu avec un très grand intérêt vos articles traitant la recherche des défauts de câbles armés haute tension.

Je vous serais très reconnaissant de vouloir bien m'indiquer s'il est à votre connaissance que des essais pratiques aient été faits en employant des lampes amplificatrices du type Audion, servant en radiotélégraphie et, dans ce cas, où me serait-il possible de me procurer des renseignements relatifs à ces essais ?

N° 84. — Je serais très heureux de pouvoir lire une étude, dans votre revue, sur les mesures de protection des transformateurs statiques. Pourriez-vous également avoir l'amabilité de me dire la méthode à employer pour déterminer la puissance d'un transformateur, d'après la section et la longueur des fils employés, ainsi que le nombre de spires primaire et secondaire? A part les formules suivantes, n'y a-t-il pas d'autres relations ?

$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$ $P = V_{eff}\, I_{eff} \cos \varphi \times (\sqrt{3}$ ou $\sqrt{2}$ suivant que le transformateur est diphasé ou triphasé).

REPONSES

N° 66 R. — Une pâte pour le dépolissage des lampes électriques est fabriquée par M. Pachen, 33, rue Dumenge, à Lyon.

Nº 71 R. — Les résistances liquides pour parafoudres sont composées d'eau, additionnée d'un peu de bichlorure de mercure, pour éviter la putréfaction, et de glycérine destinée à empêcher la congélation et augmenter la résistance. La quantité de glycérine varie selon l'eau employée ; on peut indiquer une formule dans laquelle on additionne de glycérine jusqu'à ce que le mélange atteigne une résistance de 60 % supérieure à celle de l'eau pure. Cette résistance doit atteindre de 8.000 à 10.000 ohms pour une tension de 5.000 volts.

N° 73. R. — La revue *La Science et la Vie* a publié en 1919 des descriptions de modèles d'éoliennes pour éclairage électrique. Plusieurs constructeurs essaient de mettre au point cette utilisation.

N° 73 R. — Je ne connais pas d'ouvrage traitant de l'utilisation des moulins à vent pour la production de l'électricité; mais il a paru de nombreux articles à ce sujet dans divers périodiques, et je me tiens à la disposition de votre correspondant pour lui donner des renseignements sur cette application. — V, Neveux, 46, rue Vital, Paris.

N° 76 R. — Nous pouvons vous indiquer comme traité pratique de bobinage des machines électriques : *Schémas et règles pratiques de bobinage des machines électriques*, par Torices et Churchod (Dunod, éditeur, Paris).

Le Gérant : L. De Soye.

35e Année. — No 1251. 1er Mai 1920.

L'ÉLECTRICIEN

Revue Internationale de l'Électricité & de ses applications

PARAISSANT LE 1er ET LE 15 DE CHAQUE MOIS

Rédacteur en Chef : Maurice SOUBRIER

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

PROFESSEUR ADJOINT D'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

SOMMAIRE

L'ÉLECTRIFICATION DES CHEMINS DE FER

La récupération de courant par freinage électrique

SUR LE CHICAGO-MILWAUKEE SAINT-PAUL (*suite*).

Dans les articles précédents (1), *nous avons donné la description des appareils de production, de transformation et de distribution du courant. Nous continuons aujourd'hui l'étude du matériel roulant, commencé dans le dernier article et traitons en particulier la question si importante du freinage par récupération.*

CIRCUIT DE PUISSANCE, CIRCUIT DES APPAREILS AUXILIAIRES ET CIRCUIT DE CONTROLE

Le courant du trolley, partant du pantographe, se partage entre le circuit principal et le circuit des appareils auxiliaires. Comme l'indique la figure 1, chacun de ces circuits est protégé par un interrupteur et un fusible, placés dans un compartiment séparé à haute tension et montés de telle sorte que le fusible est déconnecté lorsque l'interrupteur est ouvert. La protection contre la foudre est assurée par un parafoudre à éléments en aluminium placé dans une boîte en tôle d'acier située derrière le compartiment à haute tension.

Le circuit principal de traction proprement dit (fig. 2) est indépendant sur chacune des demi-locomotives. Il comprend les résistances de démarrage, les contacteurs de manœuvre et les moteurs.

Les résistances de démarrage sont du type à grilles en fer montées sur des isolateurs à 3.000 volts, leur ventilation est assurée par 6 cheminées d'appel qui aboutissent au ventilateur de la cabine.

Les contacteurs permettent d'opérer le démarrage série-parallèle ordinaire en considérant chaque groupe de deux moteurs comme constituant une unité. Les deux demi-locomotives étant absolument indépendantes, il en résulte, bien qu'il y ait 8 moteurs au total, qu'il n'y a que deux groupements possibles, un série dans lequel les moteurs travaillent sous 750 volts et un parallèle dans lequel ils travaillent sous 1.500 volts.

Le courant auxiliaire pénètre dans trois circuits séparés (fig. 1) : le groupe moteur-générateur, le

(1) Voir *l'Electricien* des 15 janvier, 1er février, 1er mars et 1er avril 1920.

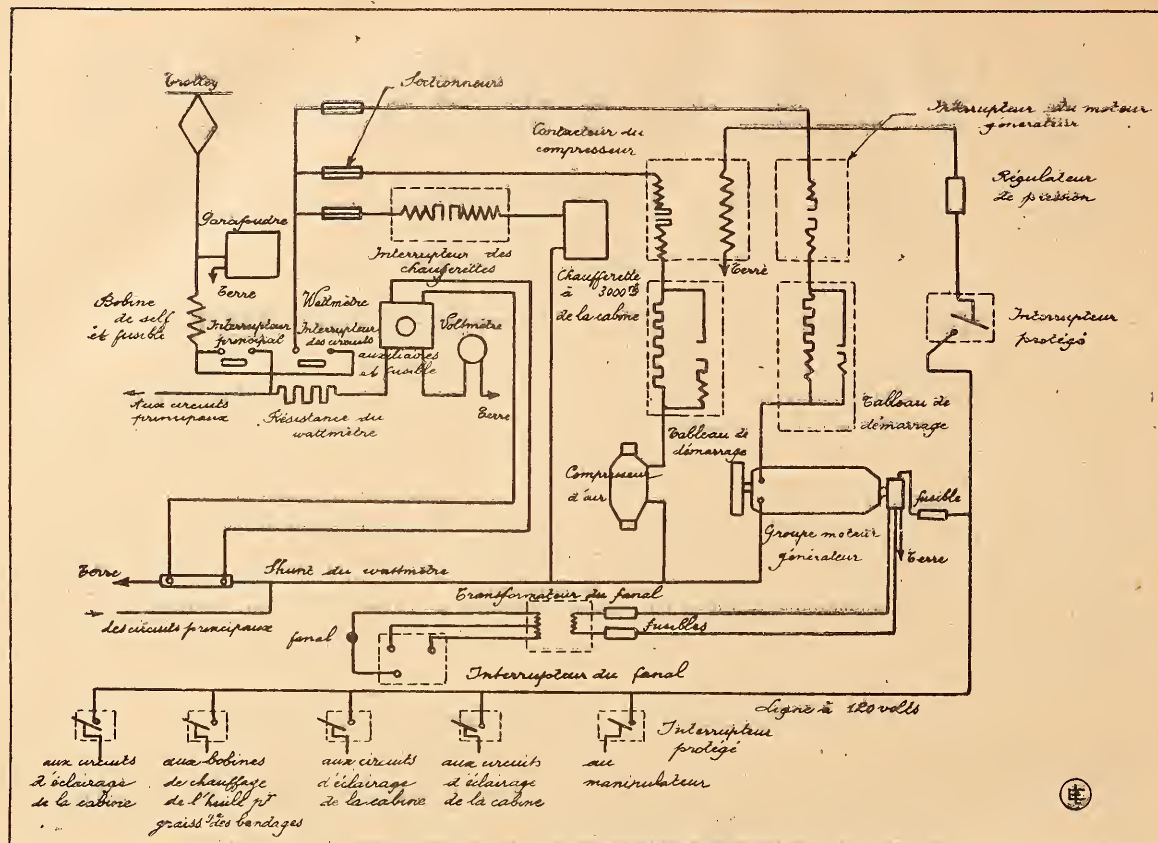


Fig. 1. — Schéma des circuits auxiliaires.

moteur du compresseur d'air et la chaufferette à 3.000 volts de la cabine.

Ces généralités posées, donnons quelques détails sur les divers appareils.

MANIPULATEUR

L'équipement « contrôle » est du modèle bien connu *Sprague General Electric*, type M, disposé pour la commande d'unités multiples.

Le manipulateur de commande ou contrôleur principal, dont les circuits sont alimentés par le courant à 125 volts, produit par le groupe moteur-générateur, comporte, en plus de la manette d'inversion du sens de marche, une manette principale et une manette pour le freinage en récupération.

La manette principale comporte 17 crans pour la marche en série, correspondant à l'élimination progressive des résistances, le 17e cran étant la marche en série sans résistances.

On passe de là (en appuyant sur un déclic spécial, à l'extrémité de la poignée) aux 7 positions de transition, effectuant le passage de série en parallèle, puis aux crans 18 et 19 de la marche en parallèle et enfin aux plots 20 à 32. De 20 à 30 se fait l'élimination des résistances ; 31 est la marche normale en parallèle sans résistances et 32 une position spéciale, prévue aussi bien pour les locomotives à marchandises que pour celles à voyageurs, avec shuntage à 50 % de l'inducteur, pour marcher à plus grande vitesse, position à laquelle on n'arrive qu'en appuyant sur le déclic spécial.

Par suite du grand nombre de crans, on obtient une accélération constante et un démarrage très progressif. Les essais au dynamomètre ont montré que l'effort de traction à la barre d'attelage pouvait être rendu pratiquement constant. Des expériences répétées avec des conditions atmosphériques diverses ont donné entière satisfaction. Le passage série-parallèle se fait sans choc et sans chute appréciable de l'effort de traction.

De plus, les pointes de courant sont réduites au minimum, ce qui est fort important, étant donné, comme nous l'avons vu précédemment, la nature du contrat passé avec le fournisseur d'énergie.

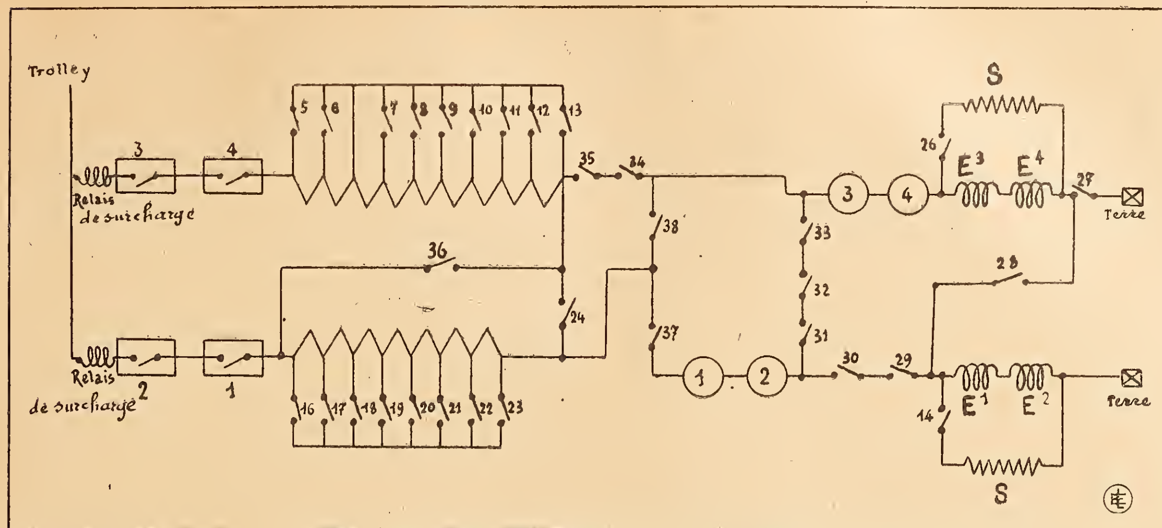


Fig. 2. — Circuit de traction d'un demi-locomoteur.

Chaque paire de moteurs peut, en cas d'avarie de l'un d'eux, être isolé du circuit au moyen de poignées placées sur le manipulateur.

Pour renverser la marche, il faut, comme l'on sait, changer le sens du courant dans l'inducteur seul. Il en résulte que les inverseurs sont branchés du côté terre, comme les bobines de champ de deux moteurs conjugués, ce qui réduit beaucoup les difficultés d'isolement de ces appareils délicats. La même réflexion s'applique aux shunts des bobines de champ.

A côté du wattman se trouvent deux ampèremètres indiquant : l'un, muni d'un zéro au milieu, le courant dans un groupe de deux moteurs (déviation à droite pour la marche en moteurs et à gauche pour le fonctionnement en récupération), et l'autre le courant dans les inducteurs de ces moteurs, renseignements indispensables comme nous le verrons dans la marche en récupération. Pour avoir le courant total absorbé ou débité par le locomoteur entier, il faut donc multiplier par 2 la lecture dans la marche en série et par 4 la lecture dans la marche en parallèle. Un voltmètre donne la tension en ligne et un tachymètre indique la vitesse.

Les moteurs sont établis pour supporter :
400 ampères pendant 1 minute;
300 ampères pendant 5 minutes;
210 ampères d'une façon continue.

Le courant sur le premier plot est d'environ 80 ampères par moteur.

L'endurance des résistances est donnée par la réglementation suivante. Aux taux respectifs de 200 et 300 ampères par groupe de deux moteurs, on pourrait sans échauffement dangereux mettre, à la limite, 25 ou 15 minutes pour franchir les 17 plots de la marche en série, en ne restant pas plus de 3 minutes sur aucun plot et en attendant alors 15 minutes de marche en série avant de passer à la marche en parallèle.

En vue d'éviter une augmentation exagérée de la puissance instantanée absorbée par le réseau, on démarre sans précipitation les lourds trains de marchandises. Le démarrage complet, jusqu'à la marche normale en parallèle, demande une dizaine de minutes pour les trains les plus lourds.

Ce mode de contrôle du locomoteur fonctionne très bien et est très simple ; il a donné satisfaction dès le début. Une seule modification a été trouvée nécessaire : il existe (fig. 2) des relais de surcharge commandant des contacteurs de ligne ; cet appareillage constitue une protection automatique contre toute fausse manœuvre de la part du wattman, le fusible du compartiment haute tension formant une ultime protection contre tout court-circuit. Or la coupure brusque du circuit des moteurs, par les relais de surcharge, ayant donné lieu à des accidents aux collecteurs des moteurs et aux isolants, on a modifié la disposition des contacteurs de façon qu'une résistance de 1,2 ohm environ soit intercalée dans le circuit, avant d'effectuer la coupure.

Le groupe moteur-générateur (fig. 1) comprend, calés sur le même arbre, un moteur alimenté directement par le courant du trolley à 3.000 volts, un ventilateur, une excitatrice et une petite génératrice à 125 volts.

Le ventilateur sert à assurer le refroidissement des moteurs de traction, ce qui a pour effet d'en augmenter la capacité unihoraire.

L'excitatrice est utilisée, comme nous le verrons, dans le freinage par récupération, pour surexciter les inducteurs des moteurs de traction et, pendant qu'elle ne sert pas à cet usage, à recharger les batteries d'éclairage des trains de voyageurs.

La petite génératrice à 125 volts produit le courant pour les circuits du contrôleur principal, pour l'éclairage intérieur de la cabine, pour l'éclairage du fanal d'avant, pour l'excitation shunt de l'excitatrice et pour les autres circuits auxiliaires à bas voltage (fig. 1).

Le groupe est commandé par un interrupteur à main, disposé de façon à protéger l'opérateur.

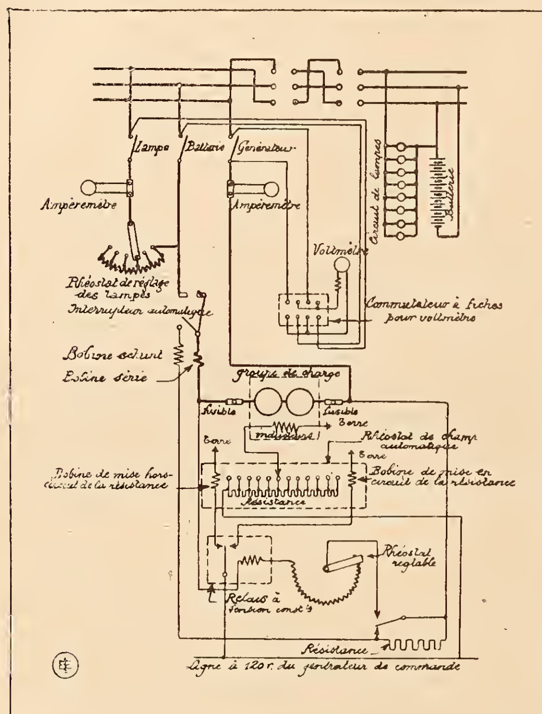


Fig. 3. — Schéma d'alimentation des circuits d'éclairage du train.

Le fanal est éclairé par une lampe de 750 watts sous 34 volts alimentée en courant alternatif, prélevé sur la génératrice à 125 volts au moyen de deux bagues (fig. 1), et transformé par un petit transformateur statique. Ce fanal comprend un réflecteur principal, destiné à l'éclairage dans le sens de la marche, et latéralement deux plaques indicatrices lumineuses portant les marques et les numéros de la locomotive.

L'éclairage du train est alimentée par des batteries d'accumulateurs placées dans chaque voiture et chargées par l'excitatrice du groupe moteur-générateur. La figure 3 représente le schéma des circuits d'éclairage du train.

Le chauffage de la cabine de la locomotive est assuré par appareil à résistances avec circulation d'air par ventilateur auxiliaire.

L'air comprimé est fourni par un compresseur entraîné par un moteur à 3.000 volts commandé par un contacteur à double soufflage magnétique actionné par un régulateur de pression (fig. 1). Il est capable de débiter 4 mètres cubes par minute à la pression de 9 kgs par centimètre carré.

FREINAGE ÉLECTRIQUE PAR RÉCUPERATION

Le freinage électrique par récupération est, sans contredit, un des points les plus intéressants de la traction électrique à courant continu.

Sur les longues pentes soutenues que l'on rencontre au cours de la traversée des trois chaînes montagneuses, il faut une grande habileté pour maintenir, au moyen des freins à air usuels, soit les trains lourds de marchandises, soit les trains de voyageurs à grande vitesse. Toute l'énergie du train descendant doit être dissipée par le frottement des sabots de frein sur les roues. Pour un train de 2.500 tonnes descendant une pente de 20 mm. à la vitesse de 27 km : h, la puissance à absorber est de 5.000 chevaux. Dans ces conditions, il n'est pas rare de voir les sabots chauffer au point de rougir.

Avec le freinage par récupération, les moteurs deviennent générateurs et absorbent l'énergie mécanique produite par le train descendant, laquelle est transformée en énergie électrique et retournée au trolley, en même temps que la vitesse du train est ramenée à une vitesse de sécurité.

Le fonctionnement comme moteur ou comme générateur a lieu selon que le voltage de la ligne est supérieur ou inférieur à la tension aux bornes du moteur. Par conséquent, quand la locomotive descend une pente, il suffit, pour la faire récupérer, d'augmenter le voltage aux bornes des moteurs. Cette variation de la tension aux bornes est obtenue à l'aide de l'excitatrice, mentionnée plus haut, qui est branchée de façon à surexciter le champ des moteurs.

Bien entendu, la machine tourne dans le même sens comme motrice et comme génératrice. Pour qu'elle soit génératrice, il faut donc changer le sens du courant, soit dans l'induit seul, soit dans l'inducteur seul. Or la machine devant récupérer, c'est dans l'induit que le courant doit changer de sens. Il faut donc trouver une combinaison qui conserve le même sens de courant dans l'inducteur, alors que le courant est inversé dans l'induit. On peut imaginer beaucoup de dispositifs pour obtenir

ce résultat, mais celui qui a été utilisé est un des plus simples, car il évite de faire des modifications de branchement aux moteurs, contrairement à ce qui a lieu dans le freinage rhéostatique usuel.

Le schéma simplifié de la figure 4 correspond au cas de la marche en série des moteurs. On emploie une excitatrice spéciale à deux collecteurs indépendants *a* et *b*, chaque collecteur fournissant une surexcitation des champs d'un groupe de moteurs. Dans la marche en moteur, les contacteurs A et B sont ouverts ; le sens du courant dans les inducteurs est celui des flèches I', le sens du courant dans les induits étant, bien entendu, opposé à celui de la flèche I. Fermons les contacteurs A et B et faisons débiter par l'excitatrice dans les inducteurs un courant supplémentaire croissant dans le sens des flèches I'. La force électromotrice des moteurs augmente, atteint la valeur de la tension du réseau et la dépasse. A ce moment, le courant s'inverse dans les induits qui débitent sur la ligne un courant I. Comme ce courant a un sens inverse du courant I, des inducteurs, il faut, pour maintenir le régime, que l'excitatrice débite un courant I + I', somme du courant récupéré et du courant d'excitation. La seule précaution à prendre est que cette excitatrice soit conçue de telle sorte qu'à aucun moment, en particulier en cas de surtension sur la ligne d'alimentation, le courant ne puisse reprendre dans l'induit le sens primitif de la marche en moteur.

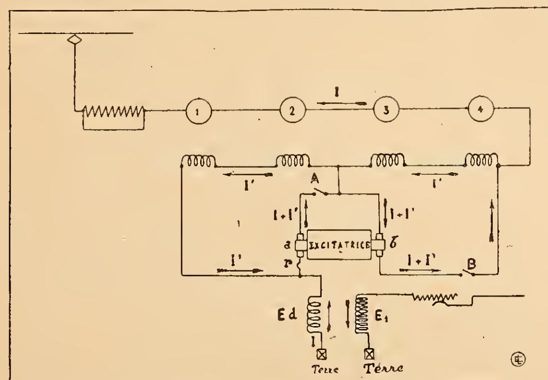


Fig. 4. — Schéma simplifié de la récupération.

Remarquons d'ailleurs que, même dans ce cas, il n'y aurait rien à redouter au point de vue électrique. On pourrait craindre simplement un emballement du train puisqu'il n'y aurait plus freinage, au contraire.

L'excitatrice est inversement compound. La figure 4 indique l'enroulement différentiel *Ed* et l'enroulement shunt E_1 alimenté par la petite génératrice à 125 volts du groupe moteur-générateur, mentionné plus haut. Le voltage de l'excitatrice est ainsi inversement proportionnel au courant de récupération. Il est facile de voir que, dans ces conditions, la stabilité du fonctionnement est assurée. Supposons, en effet, une élévation de tension en ligne : le courant fourni par les induits générateurs des moteurs diminue, le courant d'excitation compound de l'excitatrice diminue également et par suite son voltage augmente. Mais alors le courant circulant dans les inducteurs des moteurs de traction augmente et par conséquent le voltage aux bornes des induits a tendance à croître. On retrouve une nouvelle position d'équilibre stable, à une tension plus élevée.

Au contraire, une baisse de tension en ligne amène une augmentation du courant fourni par les induits, une augmentation de l'excitation compound inverse de l'excitatrice et par suite une diminution de son voltage. Le courant circulant dans les inducteurs des moteurs diminue et la tension aux bornes a tendance à décroître, d'où une nouvelle position d'équilibre stable, à une tension plus faible.

Ainsi le courant récupéré a tendance à diminuer quand la tension en ligne augmente et à augmenter quand la tension diminue. Autrement dit, on a réalisé, pour les moteurs-série fonctionnant en génératrices, une caractérisitique shunt.

Notons en passant qu'une génératrice à caractéristique série, c'est-à-dire avec force électromotrice, croissant en même temps que le courant débité, ne pourrait fonctionner ici d'une façon stable. En effet, une baisse de la tension du réseau, par exemple, amènerait une augmentation de débit et de la f. é. m. de la machine, sans limite théorique ; une hausse de tension provoquerait le désamorçage et l'inversion de la machine.

Pratiquement, on arrive au résultat suivant : à toute valeur de l'excitation shunt de l'excitatrice correspond, pour le courant de récupération, une valeur déterminée et *sensiblement* indépendante du courant de retour.

Toutefois, cette parfaite régularité n'est qu'approximative et pour éviter au mécanicien d'avoir constamment à intervenir, on a disposé, comme nous l'expliquons plus loin, un régulateur agissant automatiquement sur le rhéostat d'excitation de l'excitatrice. C'est sur le réglage de ce régulateur qu'agit le conducteur pour modifier à sa volonté la valeur du courant de retour.

Le contrôleur de récupération, conjugué, comme nous l'avons dit, du contrôleur principal, comprend une position « off » ou zéro, correspondant à la marche en moteur, une position de transition dite *equalizing ou d'égalisation*, et 13 positions de réglage, correspondant à une augmentation pro-

gressive du courant d'excitation des moteurs, produit par l'excitatrice.

Pour pouvoir déplacer le levier de récupération, il faut, au préalable, amener le levier principal à l'une des positions 17 ou 31, correspondant à la marche en série ou en parallèle, sans résistances. On ne peut d'ailleurs plus déplacer le levier principal lorsque le levier de récupération a été amené en avant de la position de transition.

L'organe fondamental de la récupération est un relais composé d'une bobine-série intercalée dans le circuit principal de l'excitatrice et d'une bobine shunt, branchée en dérivation sur la tension du circuit de contrôle à travers une résistance réglable au moyen du contrôleur de récupération (fig. 5). Dès que les ampères-tours totaux des deux bobines s'écartent en plus ou en moins de la valeur normale fixée pour ce relais, il embraye, dans un sens ou dans l'autre, un petit moteur commandant la manette d'un rhéostat, ce qui a pour résultat de shunter une plus ou moins grande partie de la résistance intercalée dans l'inducteur de l'excitatrice. Tant qu'on laisse à la même position le levier de récupération, le relais maintient automatiquement, quelles que soient les conditions de pente et de voltage, le courant débité par l'excitatrice à une valeur constante, cette valeur étant d'ailleurs différente pour les divers plots du contrôleur de récupération.

Pour les plots 1 à 6 de ce contrôleur, les ampères-tours de la bobine shunt sont dans le même sens que ceux de la bobine-série et vont en diminuant progressivement. Au plot 7, il n'y a pas de courant dans la bobine shunt et aux plots 8 à 13 le courant est inversé avec ampères-tours shunt repassant symétriquement par les mêmes valeurs que de 6 à 1 au moyen des mêmes résistances.

Il existe différents dispositifs de sécurité protégeant le matériel contre un mauvais fonctionnement toujours possible. En particulier, un relais de tension (overvoltage relay), figuré en bas et à droite de la figure 5, branché aux bornes des moteurs, coupe le circuit général et intercale toute la résistance du rhéostat, mû par un moteur, dans l'inducteur de l'excitatrice, lorsque le voltage engendré par les moteurs atteint 3.800 volts, ce qui évite des flashes ou autres accidents de surtension, en cas de trop grande vitesse des moteurs ou de coupure du circuit principal allant des moteurs aux sous-stations.

Il y a quelques précautions à prendre lors de la mise en récupération. On a constaté, en effet, que, si l'on procédait à cette opération lorsque le train a une vitesse élevée, c'est-à-dire lorsque les moteurs sont très désexcités, on avait fréquemment des flashes au collecteur. Aussi commence-t-on par réduire la vitesse du convoi au moyen du frein à air. Il est en outre prescrit aux mécaniciens de maintenir toujours les ampères d'excitation à une valeur au moins égale à la moitié des ampères de ligne, avec minimum de 50 ampères.

Comme conséquence pratique, la récupération ne doit se faire ni à vitesse trop grande, ni à vitesse normale sans charge trop faible. Lorsqu'on emploie la double traction et que la puissance à récupérer est faible, un interrupteur, à la portée du mécanicien, lui permet de supprimer la récupération d'une des demi-unités du locomoteur-arrière, ce qui per-

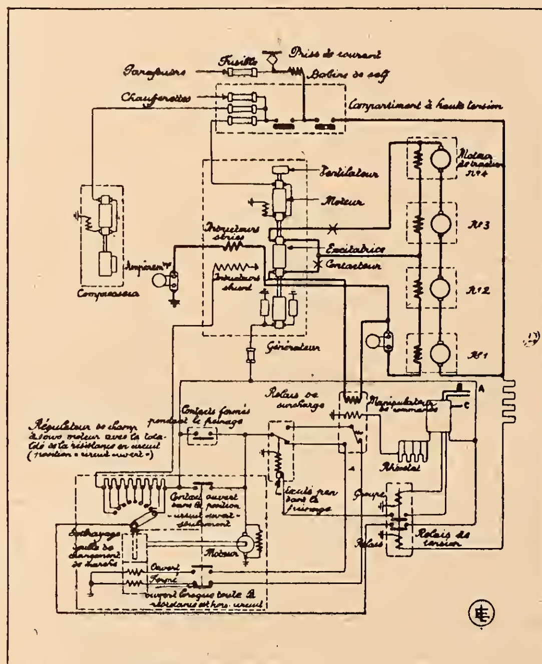


Fig. 5. — Schéma général de la récupération.

met de maintenir une excitation élevée aux moteurs. On admet même qu'une machine suffit pour retenir un train de 2.000 tonnes sur une pente de 20 mm.

Le réglage de la récupération se fait très simplement et donne au train une marche très souple. Toutefois, on ne s'en sert jamais pour obtenir l'arrêt proprement dit et on utilise peu la récupération avec le groupement série. Les vitesses inférieures pendant la récupération sont 50, 45 et 27 km : h. en parallèle, avec valeurs moitié en série, pour les deux types de locomoteurs à voyageurs et pour les locomoteurs à marchandises.

En fait, la locomotive, dans le fonctionnement

en récupération, se comporte comme une sous-station ambulante qui se meut entre les sous-stations fixes, mais qui est électriquement connectée aux barres omnibus des sous-stations. Les générateurs de la sous-station fixe déterminent le voltage et la locomotive doit engendrer ce voltage augmenté de la chute de tension due au courant qui retourne aux barres omnibus de la sous-station. Un train qui descend une pente peut entraîner un train plus léger sur la rampe voisine, toute la puissance nécessaire passant à travers les barres omnibus de la sous-station, mais sans que cette dernière fournisse aucune énergie, les appareils générateurs étant simplement en équilibre sur la ligne et déterminant la tension du trolley.

Dans le cas où il n'y a aucun train entre les sous-stations pour absorber l'énergie produite par un train descendant, cette énergie passe à travers les machines de la sous-station, est transformée en courant alternatif et absorbée par l'ensemble du système de distribution à haute tension. Un crédit est donné à la Compagnie du chemin de fer pour toute énergie retournée au réseau.

Depuis l'emploi de la traction électrique avec récupération, les dépenses d'entretien dues au remplacement des sabots de frein et des bandages ont diminué dans d'énormes proportions. D'autre part, l'effort sur les barres et crochets d'attelage est réduit au minimum, puisque le train tout entier est tassé sur la locomotive et garde une vitesse uniforme. Cette descente aisée et à allure égale, présente un contraste marqué avec la marche saccadée produite par les périodes de ralentissement et d'accélération d'un train dont la vitesse est uniquement contrôlée par un frein à air.

Jusqu'à ces dernières années on avait toujours pensé qu'il était nécessaire, avec le freinage électrique, de prévoir des moteurs plus puissants que ceux utilisés ordinairement, parce qu'alors le moteur devait rester continuellement en service, mais le type de moteur à ventilation interne qui a été adopté sur les locomotives du Milwaukee a une capacité si élevée, en régime continu, qu'il peut rester constamment en service, au régime normal de la locomotive, sans être surchargé. Bref, l'avènement du moteur à pôle de commutation, avec sa capacité de commutation fortement accrue et sa construction robuste, a contribué, dans une très large mesure, au succès de la régénération à courant continu, parce que le moteur à pôles de commutation devient automatiquement une excellente génératrice quand il est entraîné par le poids de la locomotive et du train sur les pentes sans qu'il soit nécessaire d'augmenter le poids du moteur ni de changer ses bobines de champ ou ses connexions.

CONDUITE PRATIQUE D'UN TRAIN -TRACTION MULTIPLE

Il est intéressant, pour ceux qui font du chemin de fer, de suivre les manœuvres de démarrage et de freinage employées par les Américains pour la remorque de leurs trains géants.

Les barres d'attelage étant généralement munies de ressorts, dont le jeu peut être évalué à 30 cm par véhicule, la locomotive aura à effectuer un certain parcours avant d'avoir à développer son effort maximum de traction. Le phénomène inverse aura lieu à l'arrêt du train. C'est pour cette raison que le manipulateur comprend un grand nombre de crans pour que le démarrage s'effectue progressivement et sans à coups. L'effort de traction sur la première touche n'est que de 8.000 kgs, avec un accroissement régulier du même ordre de grandeur pour les premiers crans de démarrage suivants ;

Indépendamment du freinage électrique, les locomotives sont munies d'un frein à air comprimé Westinghouse, à deux robinets dont l'un, que nous appellerons robinet de frein indépendant, permet de serrer ou de desserrer les freins de la locomotive seulement et dont l'autre commande le freinage de l'ensemble du train.

Suivons par la pensée un train se déplaçant de Deer Lodge vers Harlowton. Ce train, d'un poids de 2.700 à 3.200 tonnes remorquées, est d'abord traîné par une seule locomotive. Il s'arrête à la station de Butte, au commencement de la section la plus dure. Il est alors coupé et une locomotive de renfort est intercalée dans le milieu. La pratique générale avec les locomotives à vapeur était d'atteler la machine de renfort à l'arrière du train et cette méthode avait été adoptée avec les locomotives électriques. L'expérience a montré qu'il était préférable de placer la machine de renfort au milieu du train, chaque locomotive en remorquant ainsi la moitié. De même, il a été reconnu que la récupération par les deux machines s'opère mieux avec la machine de renfort intercalée au milieu du train qu'en attelant les deux locomotives en tête du train.

En faible rampe ou en palier, les deux locomoteurs démarrent ensemble quand ils peuvent apercevoir tous les deux le signal du départ ; sinon, le locomoteur de tête démarre le premier et le locomoteur médian part quand il se sent entraîné.

En forte rampe, on procède autrement. Les freins des wagons étant seuls desserrés, le train est retenu par les freins indépendants de chacune des deux locomotives. Le mécanicien de la locomotive de tête donne deux coups de sifflet pour annoncer qu'il est prêt et celui de la machine de renfort lui répond par deux autres coups de sifflet.

Le wattman de tête place alors la manette du manipulateur sur le premier ou le deuxième cran de démarrage et desserre son frein indépendant. L'effort de traction développé à cet instant par les moteurs retient la locomotive et l'empêche de revenir sur le terrain, ce qui pourrait se produire si son frein était desserré avant d'avoir lancé le courant dans les moteurs. La manette du manipulateur étant déplacée cran par cran, le train démarre. Lorsque le wattman de la locomotive de renfort voit que sa machine tend à être entraînée par la première partie du train, il la met en route de la même façon qu'il a été dit pour la locomotive de tête. Quand le train entier a été démarré, l'accélération est réglée par les deux mécaniciens en se basant sur les indications des ampèremètres. Le démarrage se fait assez lentement pour éviter la surcharge des sous-stations.

L'arrêt en rampe se fait généralement au moyen du retour progressif en arrière du levier principal sur le plot 2, par conséquent sur résistances, le frein à air n'intervenant qu'au dernier moment. Le locomoteur du milieu maintient pendant ce temps le courant à une valeur un peu inférieure à celle du courant normal de marche.

De Donald, point culminant du profil, à Piedmont, sur une pente atteignant parfois 20 mm, on marche en récupération avec les deux machines. On cherche à maintenir tous les attelages comprimés ; le locomoteur de tête absorbe environ les deux tiers de la puissance et celui du milieu un tiers seulement. Pour des pentes de 16 mm et au-dessous, le locomoteur du milieu ne se sert que d'une demi-unité pour récupérer, afin d'éviter la récupération à champ trop faible.

La locomotive de renfort est dételée à Piedmont et le train continue le trajet jusqu'à Harlowton avec une seule locomotive.

La facilité de conduite des machines électriques est telle que, dès le début, les mécaniciens des locomotives à vapeur se sont chargés du service des locomotives électriques après une période d'instruction de quelques jours seulement. Dans les premiers jours de l'électrification, les locomotives électriques furent mélangées aux locomotives à vapeur et, jusqu'au dernier moment, le mécanicien ne savait pas s'il allait prendre en mains une locomotive électrique ou une locomotive à vapeur.

A. TÉTREL,
Ingénieur-électricien E. S. E.

L'Enseignement technique en Alsace-Lorraine.

On a souvent cité l'exemple de l'organisation allemande en ce qui concerne l'enseignement technique professionnel. Au moment du retour de l'Alsace-Lorraine à la France, il est extrêmement intéressant d'étudier les méthodes et les moyens de réalisation réellement mis en œuvre par l'Allemagne et les enseignements que l'on peut en tirer. C'est le but de la mission que l'éminent Directeur du Conservatoire National des Arts et Métiers, M. Henri Gabelle, a accomplie en Alsace-Lorraine. M. Gabelle a bien voulu nous autoriser à extraire de son rapport très documenté, les pages ci-après. Nous serions heureux que ses conclusions concernant le développement de notre Conservatoire national entrent dans la voie des réalisations.

Il était d'un haut intérêt de juger sur place de l'importance des institutions qui contribuent au développement des forces économiques ou qui tendent à l'élévation intellectuelle et morale de la grande masse des travailleurs.

En matière d'enseignement professionnel comme en matière de réformes sociales, l'Alsace et la Lorraine ont toujours été à l'avant-garde du progrès.

Sans doute les organisations sociales de l'Alsace et de la Lorraine se sont multipliées et développées depuis 1871, mais il est permis de rappeler que la plupart d'entre elles sont d'origine française et il nous a été agréable de faire cette constatation au cours de l'étude que nous avons entreprise.

Une autre remarque s'impose. Patrons et ouvriers ou employés sont simultanément représentés dans de nombreux Comités ou Commissions. Les lois sociales dénotent le souci de rapprocher les uns et les autres pour leur permettre de discuter de leurs intérêts. Soit dans les Conseils des Corporations, soit dans ceux des Chambres de métiers ou des Instituts d'Assurances, des délégués des deux parties examinent en commun ces multiples questions d'ordre professionnel ou de prévoyance à la solution desquelles sont liés la paix sociale, le développement économique, la vie du pays.

Chambre des métiers.

Notre attention avait été appelée sur la Chambre des Métiers d'Alsace et de Lorraine. Cet organisme présente, en effet, une réelle importance au point de vue du développement de l'apprentissage des métiers, de la sauvegarde de la petite industrie. Il assure le fonctionnement de nombreuses écoles de perfectionnement, ces écoles constituant, en quelque sorte, l'armature de l'enseignement technique de ces deux provinces qui, en dehors de l'Ecole de Chimie de Mulhouse, ne comporte ni Ecole technique supérieure, ni Polytechnicum, ni Ecole des Hautes Etudes commerciales, aucun enfin des établissements d'enseignement technique supérieur si nombreux en Allemagne. Les Allemands obligeaient ainsi les jeunes Alsaciens et Lorrains, qui désiraient devenir ingénieurs ou poursuivre des études commerciales d'ordre supérieur, à se rendre en Allemagne pour y recevoir l'instruction technique nécessaire.

La Chambre des Métiers a pour objet :

I. L'amélioration des conditions économiques des métiers.

II. La coopération à la mission sociale de l'Etat.

III. La sauvegarde des intérêts des métiers.

La mission qui lui incombe porte sur :

1° La réglementation de l'apprentissage ;

2° La surveillance de l'application des prescriptions légales relatives à l'apprentissage ;

3° L'instruction des jeunes générations d'artisans;

4° La formation des commissions chargées des examens de compagnon et de maître ;

5° L'organisation annuelle des expositions des travaux d'épreuve demandés pour l'examen de compagnon.

La Chambre comprend quatre sections dont les sièges sont à Mulhouse, Colmar, Strasbourg et Metz.

Ecoles de Perfectionnement.

En vertu d'une ordonnance sur l'industrie datant de 1888, les patrons sont tenus d'accorder à leurs ouvriers âgés de moins de 18 ans, les heures de liberté nécessaires pour suivre les cours de perfectionnement. Cette obligation, lorsqu'elle ne résulte pas d'une loi d'Etat, peut être décrétée par voie de dispositions statutaires par une commune ou par une association.

C'est en se basant sur ces dispositions que les villes de Metz, Strasbourg, Colmar, Mulhouse et Guebwiller ont créé des écoles obligatoires de perfectionnement industriel et commercial.

Ces écoles ont pour but de donner aux apprentis les connaissances nécessaires à l'exercice de leur profession, de perfectionner leur instruction professionnelle et de travailler à leur éducation morale et civique.

Dans chacune d'elles, les élèves sont groupés d'après la profession. Si le nombre des apprentis appartenant à une même profession est trop faible, on réunit ceux qui se livrent à des professions connexes.

Le nombre des élèves dépassait 6000 en 1914.

L'obligation s'étend sur deux années ; l'enseignement comporte huit heures de cours par semaine, prises sur la durée légale de la journée de travail et données soit en un seul jour, soit en deux séances de quatre heures.

L'enseignement comprend le calcul professionnel, la technologie, le dessin professionnel et l'intruction civique. Il est assuré par des maîtres qui ont reçu une formation spéciale dans une école technique et par des patrons ayant subi avec succès l'examen de maîtrise.

Ces cours de perfectionnement, qui existent dans toute l'Allemagne, ont puissamment contribué, on le sait, au développement de la technique et au progrès économique de ce pays.

Ecole technique de Strasbourg.

L'Ecole technique, établissement de l'Etat, forme des techniciens instruits, chefs de travaux, chefs d'ateliers, conducteurs de travaux publics, géomètres, agents voyers, etc.

Elle est installée dans un grand bâtiment comportant de nombreuses salles claires, bien aérées, des laboratoires et des ateliers.

Elle présente ce caractère particulier que pour y être admis, il faut, indépendamment d'une bonne instruction primaire, justifier de deux années de pratique. La durée des études varie, suivant les sections, de deux à trois ans.

Nous n'avons pas en France d'établissement scolaire de ce type. Nos écoles techniques donnent un enseignement exclusivement théorique avant l'entrée dans l'industrie, comme l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures, ou dispensent simultanément la théorie et la pratique. comme les écoles d'arts et métiers, les écoles nationales professionnelles et les écoles pratiques.

Université de Strasbourg.

L'Université de Strasbourg est installée dans un immense parc ; on peut dire qu'elle occupe tout un quartier de la ville. Indépendamment du bâtiment principal, fort belle construction du style renaissance, en grès vosgien, elle comporte une série de bâtiments séparés, affectés chacun à une branche d'étude. Ces instituts spéciaux de chimie, de physique, de botanique, de pharmacie, d'astro-

nomie ont chacun leurs laboratoires propres, leurs collections, leur bibliothèque, leur outillage spécial. Nous avons visité ceux de physique et de chimie, ce dernier aménagé pour recevoir cent élèves dans ses deux divisions. Nous avons pu constater combien sont spacieux, clairs et aérés les amphithéâtres et les laboratoires, et ce n'est pas sans mélancolie qu'au cours de cette visite, nous avons reporté notre pensée vers le Conservatoire des Arts et Métiers.

Les laboratoires, en particulier, sont bien installés, tant ceux des professeurs que ceux des élèves, et pourvus d'un matériel important. On se propose cependant de demander des crédits élevés pour compléter leur outillage. Souhaitons qu'ils soient accordés et que le Conservatoire obtienne, en même temps, ceux beaucoup plus modestes qu'il a sollicités afin de reconstruire certains laboratoires de professeurs qui tombent en ruines, d'en aménager de nouveaux pour les élèves, de mettre des salles de travail convenables à la disposition des professeurs.

Société industrielle de Mulhouse.

La Société comprend aujourd'hui 800 membres environ. Elle possède un très grand immeuble, contenant des salles de conférence, une bibliothèque, un musée d'histoire naturelle, un musée des Beaux-Arts, une école d'art professionnel de jeunes filles, une école technique d'apprentis, un musée des Arts décoratifs, enfin un musée technologique, où sont classés, suivant les époques, des spécimens de tissus imprimés d'Alsace, depuis l'origine de cette fabrication jusqu'à nos jours.

C'est une collection admirable et unique où artistes et artisans viennent fréquemment, paraît-il, faire des études et des recherches.

Les institutions nombreuses et diverses, dépendant de la Société industrielle, ont été créées et sont entretenues grâce à la contribution de ses membres et à la générosité de beaucoup d'entre eux. Elles ont bénéficié parfois de dons de 100.000 et 200.000 francs. Il est à désirer que tous les industriels comprennent ainsi leur devoir et se groupent pour réunir les moyens d'action propres à faire progresser chaque branche industrielle, ou à apporter un concours financier et moral aux établissements scientifiques et techniques susceptibles de contribuer à ce progrès.

Ecole de Chimie.

L'Ecole supérieure de chimie de Mulhouse, dont la réputation est mondiale est une des plus importantes institutions de la Société Industrielle. Exceptionnellement, la Municipalité a participé aux frais de construction et supporte une partie des dépenses de fonctionnement. Le prix de la scolarité est d'ailleurs élevé et constitue une source de recettes importantes.

Les cours sont de trois années et comprennent : chimie minérale et chimie analytique, chimie organique générale, chimie organique spéciale, fibres textiles, blanchiment, teinture et impression ; puis mathématiques, mécanique, physique, minéralogie et droit industriel.

Une comparaison avec le Conservatoire National des Arts et Métiers.

Il n'est pas inutile de rappeler ici que notre Conservatoire de Paris renferme une collection unique de modèles et d'appareils dont quelques-uns ont une très grande valeur historique, et que beaucoup proviennent de dons.

Ce grand établissement scientifique n'a certes pas des origines aussi anciennes que l'Université de Strasbourg ; il a cependant un glorieux passé, et d'illustres maîtres, depuis le Baron Dupin, Clément Desormes et J.-B. Say, titulaires de ses premières chaires, ont assuré le rayonnement de son enseignement dans le monde entier.

C'est sur un rapport de Grégoire que fut créé le Conservatoire, par une loi de la Convention du 10 octobre 1794. Il était appelé à recevoir tous modèles, machines, outils, descriptions, dessins et livres dans tous les genres d'arts et de métiers ; on devait y expliquer la construction et l'emploi des outils et machines.

Musée industriel. — Les collections du Musée constituées, à l'origine, par celles de l'ancienne Académie des Sciences, de Vaucanson et de l'hôtel d'Aiguillon, se sont accrues, depuis un siècle, de nombreuses acquisitions. Parmi les objets historiques qui y figurent, on peut citer la voiture à vapeur de Cugnot, les métiers de Vaucanson et de Jacquart, le célèbre chronomètre de Pierre Le Roy, les appareils d'études de Lavoisier, les appareils et les épreuves de Daguerre, le cabinet de Bréguet, etc.

Des conseillers techniques de ce Musée ont été nommés récemment par le Ministre du Commerce et de l'Industrie.

Enseignement. — L'enseignement du Conservatoire a pris, depuis cent ans, une importance en rapport avec le développement continu des découvertes scientifiques et de leurs applications à l'industrie. Il compte aujourd'hui dix-neuf chaires magistrales et quatre cours.

Bibliothèque. — La bibliothèque contient une riche collection d'ouvrages relatifs aux arts, aux sciences, à l'agriculture et à l'industrie, et renferme plus de 50.000 volumes.

En 1901, sur la proposition de M. Léon Bourgeois, président du Conseil d'Administration, et de M. Millerand, alors ministre du Commerce et de l'Industrie, le Conservatoire fut complété, grâce au concours de la Chambre de Commerce de Paris, par deux organismes intéressant le monde du commerce et de l'industrie :

1° *L'Office de la Propriété Industrielle* chargé d'assurer le service des brevets et des marques de fabrique.

2° *Le Laboratoire d'Essais industriels* qui permet aux industriels, commerçants et particuliers de soumettre les produits bruts et manufacturés de toute nature, les machines et les appareils, aux essais mécaniques, physiques et chimiques.

Ce laboratoire, par les essais qu'il effectue, contribue au progrès industriel. Il doit être outillé pour apporter, par des recherches et des études d'ordre général, une contribution plus grande encore au développement de l'industrie de notre pays.

En 1904, a été créé un *Musée de Prévention des des accidents du travail et d'hygiène industrielle* qui constitue une exposition permanente des appareils protecteurs et des dispositifs de sécurité et d'hygiène industrielle les plus pratiques et les plus perfectionnés.

Enfin, en 1912 a été annexé un *Laboratoire de recherches sur le travail professionnel.*

Cet ensemble d'organismes fait du Conservatoire National des Arts et Métiers un foyer de la science, de la technique et du progrès industriel.

Conclusions.

Nous nous bornerons, pour conclure, à reconnaître que des voyages, comme celui que nous venons d'effectuer, permettent d'intéressantes comparaisons ; elles montrent tout le profit que nous pourrions en retirer en multipliant les relations du Conservatoire des Arts et Métiers avec des Industriels avertis ; mais elles fortifient aussi la conviction que notre grand établissement, s'il veut occuper la place qui lui revient à la tête du mouvement industriel, doit multiplier ses laboratoires, rendre son musée plus moderne, développer son laboratoire d'essais, créer un service de bibliographie, attirer enfin le monde industriel par des expositions temporaires, par une diffusion de son enseignement, par des manifestations d'activité et de vie en rapport avec l'intensité de la vie industrielle moderne.

Il semble que ce but serait atteint en appliquant le programme qui a été élaboré par le Conseil d'administration du Conservatoire au cours de la guerre et qu'il a adopté depuis plus de deux ans. Nous exprimons le vœu que sa réalisation ne soit pas retardée davantage.

Henri Gabelle.
Directeur du Conservatoire National des Arts-et-Métiers.

PRATIQUE INDUSTRIELLE

Le calibrage et l'emploi des fusibles.

Dans les appareils coupant automatiquement le courant par la fusion d'une partie du circuit, cette partie fusible doit satisfaire à plusieurs conditions :

1° Avoir une section calibrée de façon qu'il fonde pour l'intensité fixée ;

2° Présenter le minimum de volume pour faciliter l'extinction de l'arc et le maximum de surface rayonnante pour augmenter la sensibilité ;

3° Etre d'un remplacement facile et rapide et d'un faible prix de revient.

La première condition est réalisée par les fils ou les lames qu'on trouve couramment dans le commerce ;

La deuxième est satisfaite dans les lames fusibles affectant la forme d'un I, plus étroites dans le milieu de leurs longueurs qu'aux extrémités

La troisième est remplie avec les fusibles ordinaires en alliages de plomb et d'étain facile à travailler, fusible à basse température, mais en revanche fragile et peu homogène Toutefois la précision obtenue est suffisante pour les emplois courants.

Le plomb pur et l'étain pur sont d'un usage plus rare ; on connaît la manière de différencier ces divers métaux : le fil d'alliage est plus brillant que le fil de plomb; quant au fil d'étain, il fait entendre un bruit spécial au pliage.

L'aluminium est très employé en basse et moyenne tension sous forme de lames en I ; ces fusibles fondent généralement au double de l'intensité indiquée.

Le tableau ci-après indique les intensités

ayant amené la fusion de lames ainsi que les courbes de fusion de fils, se rapportant à un alliage au titre de 70 % de plomb et 20 % d'étain.

Tableau de résistance des lames fusibles résultant d'expériences faites par le Laboratoire central d'électricité (*La fusion a été obtenue après une durée d'application constante de courant variant entre* 1′ *et* 2′.)

Largeur	Epaisseur	Distance entre les attaches	Intensité ayant amené la fusion
10 mm	2/10e	30 mm	31A
15 —	4/10e	30 —	63
15 —	7/10e	30 —	96
20 —	15/10e	90 —	174
30 —	15/10e	110 —	232
30 —	20/10e	150 —	289
30 —	30/10e	200 —	372
10 —	2/10e	40 —	20
15 —	4/10e	40 —	54
15 —	7/10e	60 —	81
20 —	15/10e	120 —	135
30 —	15/10e	130 —	205
30 —	20/10e	300 —	263
30 —	30/10e	350 —	334

Le cuivre et l'argent, sous forme de fils fins, s'emploient avec un appareillage spécial en haute tension. Les intensités normales de marche pour les fils d'argent sont indiquées par le tableau suivant :

Calibre.	*Intensité.*
2/10	6 amp.
2,8/10	8 —
3 —	10 —
4 —	15 —
5 —	21 —
6 —	28 —
7 —	35 —
8 —	43 —
9 —	52 —
10 —	60 —
11 —	70 —
12 —	80 —
13 —	90 —
14 —	100 —
15 —	110 —

Considérations générales.

L'examen des courbes du graphique ci-contre (fig. 1) indique que la longueur a une influence dans le point de fusion ; plus la longueur augmente, plus la densité de courant de fusion diminue.

L'emploi des fusibles en fils nus offrent certains inconvénients : variation du point de fusion avec l'exposition, projection de métal sur le support, variation des contacts suivant le serrage des points d'attache et, s'ils conviennent parfaitement pour des installations ordinaires munies de coupe-circuits à tabatière ou sous coffret, ils ne sont pas à recommander tels que, sur des tableaux importants.

Dans ce cas, on les monte sur des lames de mica avec des œillets en cuivre ou mieux on les dispose dans des tubes de fibre et constituant les fusibles cartouches.

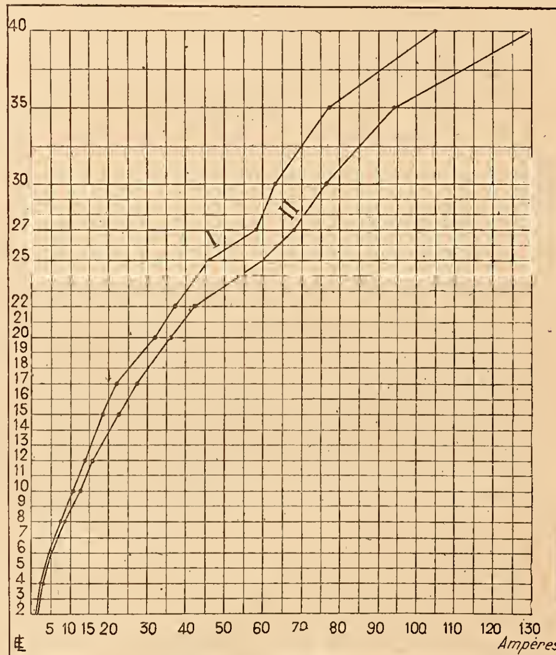


Fig. 1. — Graphique indiquant les points de fusion de fusibles de 4 cm (I) et 3 cm (II) de longueur, les diam. étant indiqués de 2/10 à 40/10 de mm.

Ces tubes sont terminés par des pattes en laiton destinées à être serrées par des écrous ou à être prises dans des mâchoires.

Le fil est alors connecté à ces deux pattes tandis que le tube est rempli de poudre de talc ou autre qui étouffe l'arc.

Ces cartouches sont très maniables et d'un emploi facile; de plus ils sont régénérés par des maisons qui s'en sont fait une spécialité.

Dans certains, des dispositions spéciales sont prises pour indiquer à première vue s'ils ont fonctionné, entre autres, un fil supplémentaire en parallèle avec le fusible normal, apparaît à l'extérieur du tube et montre, par sa fusion, si son voisin est à remplacer.

Les Américains font un très grand usage de ce genre de fusibles. Pour des emplois spéciaux, comme la protection des lampes indicatrices dans les tableaux de certaines dynamos de voitures automobiles, de circuits téléphoniques, on fait usage de petits fusibles cartouches à tube de verre et embouts métalliques se plaçant entre deux lames flexibles.

Pour les intensités élevées, la graduation et la sensibilité des fusibles deviennent incertaines par suite du volume considérable de matière ; il faut avoir recours aux disjoncteurs qui sont d'un fonctionnement plus précis.

Dans les installations à haute tension, malgré la faible importance des courants, l'usage des fusibles tend à se limiter par suite des grandes quantités d'énergie mises en jeu. La distance des points d'attache augmente et est de l'ordre de 30 à 50 centimètres suivant les tensions. Le fil est sous tube de verre ou dans un manchon de porcelaine avec collerettes formant sectionneur. Le courant d'air formé au moment de la fusion sert à souffler l'arc.

En aérien, le fil fusible est tendu à la partie inférieure de deux cornes qui servent également éteindre l'arc par l'ascension de ce dernier.

R. Wolff.

CHRONIQUE -- INFORMATIONS

Aménagements de Distributions hydrauliques

pour la production de l'énergie électrique (*suite*) (1)

Une installation hydroélectrique doit être fixée à l'endroit où le terrain le permet d'après les études faites en conséquence. Il est même possible qu'une haute chute ne puisse pas être aménagée de manière à fonctionner comme étant constituée pour deux stations disposées en séries.

La figure 2 montre les diverses dispositions hydrauliques adoptées en pratique. Quand les dispositifs pour haute chute sont établis pour obtenir le meilleur rendement, avec la plus faible longueur de conduite de pression possible il est le plus souvent nécessaire de transporter l'eau sur une distance considérable dans un canal ouvert (fig. 2*a*), lequel représente un élément vulnérable et d'entretien méticuleux dans le dispositif d'ensemble dont le doublement est impossible, malgré que, par occasion, deux ou plusieurs sources d'alimentation distinctes puissent être dérivées par différentes routes.

Pour maintenir le fonctionnement, dans le cas de fluctuation de charge, il est nécessaire de donner un exutoire correspondant à la hauteur de chute dans les tuyaux de pression, à moins que l'eau soit en telle quantité qu'il y en ait toujours un excédent capable d'assurer le remplissage jusqu'à ce niveau.

Ainsi, dans le cas où la canalisation peut assurer l'alimentation pour une charge constante de 2.000 kw, et la charge de pointe pour une moyenne de 2.500 kw pendant 2 heures, on peut au moins emmagasiner 1.000 kw-heure en réserve à la vanne du réservoir d'amont.

Sur 300 mètres de chute, cette quantité ainsi emmagasinée serait d'environ 1.550 mètres cubes qui ne sont pas d'utilisation pratique comme réserve dans le cas d'obstruction ou de rupture de la canalisation, ou dans les parties principales de l'installation, et partout où un dispositif de cette nature peut-être établi, on aura suffisamment d'eau emmagasinée dans la conduite principale, pour parer à quelques heures d'arrêt au moins dans le cas où se produirait l'une des interruptions précitées.

Dans certains cas, où le sol est escarpé, il est possible d'installer la station centrale assez près des usines principales, particulièrement lorsqu'il s'agit de haute chute, de telle sorte que l'eau soit amenée dans les conduites sans qu'il soit besoin de canalisations découvertes (fig. 2 *b*) ; dans ces conditions, le risque de rupture est minimum.

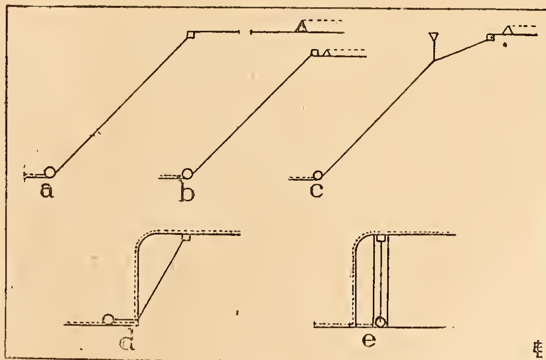


Fig. 2.

Un cas intermédiaire entre ces deux extrêmes est celui où la distance du réservoir ou des ouvrages principaux à

(1) Voir *l'Electricien* du 15 avril 1920.

a station centrale est considérable, mais ne permet pas de construire un canal par suite de la pente du fond.

En Amérique, la méthode usuelle pour traiter de tels problèmes consiste à employer des conduites en bois formées de douves pour la partie supérieure de la conduite d'amenée, avec un réservoir où s'amortissent les courants à la jonction de celui-ci avec des conduites de pression en acier où commence la chute (fig. 2 *c*).

Le réservoir régulateur consiste en un réservoir surélevé par rapport au niveau de l'eau, les douves des conduites étant reliées à la jonction. Avec les chutes moyennes dans lesquelles plusieurs rapides peuvent se produire sur une courte longueur de lit, il peut être possible de conduire l'eau directement depuis l'eau vive jusqu'à la station centrale (fig. 2 *d*) avec un réservoir de décantation interposé pour empêcher ces détritus de s'accumuler dans les conduites. Dans différents projets américains, ou bien la station centrale entière est établie sur le fond d'un puits creusé verticalement dans le roc derrière la chute (fig. 2 *e*), ou bien ce sont les turbines qui sont placées dans ces puits, et les générateurs travaillent à la surface. Souvent les conduites de pression peuvent être placées directement dans le réservoir (fig. 3 *f*) ou dans l'intérieur d'un bassin

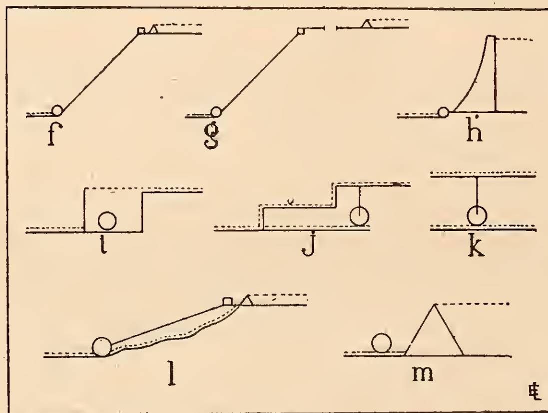


Fig. 3.

à déversoir construit immédiatement au-dessus de la chute, un canal de faible longueur est nécessaire, qui soit d'une capacité de transport suffisante de manière à réaliser une économie importante de l'énergie de la chute naturelle; quand la rivière a une pente considérable, ou présente des rapides, il peut être nécessaire de transporter l'eau à plusieurs kms par un canal (fig. 3 *g*). Occasionnellement, une installation de hauteur de chute moyenne peut être exploitée directement au moyen d'un réservoir placé derrière une haute digue (fig. 3 *h*), mais il se présentera certains cas où il faudra tenir compte de variations très importantes de la hauteur de chute qui pourront passer de pleine chute à chute nulle; généralement un tel réservoir aura été construit principalement pour servir à l'irrigation, de telle sorte qu'au voisinage d'un certain minimum, le flux de courant est strictement réglé suivant la saison.

Ces conditions viennent diminuer la valeur commerciale de l'installation. Dans le cas de canaux d'irrigation, des hauteurs de chute de 3 mètres sont fréquentes et peuvent être mises en valeur en établissant un canal de dérivation alimentant la station centrale, et se continuant comme dérivation de retour jusqu'à la canalisation située sous la chute (fig. 3 *i*). Fréquemment, un canal auxiliaire, généralement établi comme dérivation, peut être disposé pour utiliser deux chutes voisines combinées desservant les turbines s'y rapportant (fig. 3 *j*). Des chutes étendues, quoique de hauteur faible, peuvent occasionnellement être mises en exploitation quant les nécessités de l'irrigation le permettent par déversement partiel dans un canal de niveau surélevé, qui se continue par un canal à niveau plus bas en alimentant les turbines dans l'intervalle (fig. 3 *k*). Dans le cas de rivières sur lesquelles les chutes de faible hauteur peuvent être utilisées dans des conditions déjà décrites pour des chutes de hauteur moyenne, on se trouve dans le cas fréquent de la figure 3 *l*.

Les projets sont établis en prévision de l'accroissement de dimension du canal et des conduites, comme de la diminution de hauteur de chute. De plus, divers projets ont été établis, dans lesquels une digue est placée en travers du courant de la rivière, non pour emmagasiner l'eau, mais pour faire barrage, et pour établir une chute. Dans ces conditions, l'eau est fournie directement de la chute aux turbines (fig. 3 *m*), lesquelles sont placées à l'intérieur d'une digue creuse.

De grandes variations dans le niveau de la chute et des déversoirs de dérivation sont souvent caractéristiques de l'installation des chutes d'eau de faible hauteur, et les inondations constituent une menace sérieuse.

Dans de tels cas, on installe des doubles turbines, l'une pour la chute de hauteur maximum, l'autre pour la chute de hauteur réduite. Des vannes d'inondations sont utilisées dans les travaux de canalisation aménagés pour l'irrigation, elles sont établies pour être utilisées en cas de crue anormale.

* * *

La nécessité de laisser déposer les boues et détritus de la source qui alimente les turbines augmente avec la hauteur de chute, tandis que les rapides qui se produisent dans les grandes rivières ont pour effet d'agir sur les augets des roues avec une pression qui augmente avec la hauteur de chute et la rapidité du jaillissement ou du tuyau d'amenée. Même le plus fin gravier dans une chute de 450 à 600 mètres, produit un effet destructeur.

Des crépines à trous de diverses grosseurs sont aménagées dans les bassins de décantation; elles sont de telles dimensions que le plein flux de courant nécessaire pour actionner les roues peut passer à travers celles-ci si le niveau de l'eau baisse accidentellement.

Le fait a été souvent constaté. Les déversoirs des bassins de réserve doivent être sectionnés ou multipliés de manière à permettre le nettoyage.

La solution donnée pour certains points de détails des installations contribue soit à assurer le succès du fonctionnement, soit au contraire sa destruction partielle, bien que la plupart des variables qui interviennent dans le problème soient fonction de ce que l'eau est claire ou trouble.

Les hautes chutes nécessitent des études des plus soignées dans les dispositifs de détail; les chutes moyennes nécessitent ou non l'aménagement de bassins de réserves compliquées et, pour les chutes de faibles hauteurs, l'aménagement d'un réservoir plein est généralement suffisant. Laissant de côté la question du prix, il ne peut être mis en doute que le dispositif idéal des conduites de pression dépend du nombre d'unités d'énergie débitées par les conduites, turbines, générateurs, transformateurs, élévateurs de pression, exactement comme dans la pratique moderne des machines à vapeur.

Quand de grandes unités sont indispensables, il n'y a pratiquement à envisager aucune autre solution et pour les faibles chutes il n'y a pas d'autre dispositif possible.

Le diamètre d'une petite conduite pour une chute de hauteur moyenne doit être tel qu'il donne une vitesse de 0,1 $\sqrt{2gH}$ ou 10 % de la vitesse d'amenée.

La perte de charge avec de telles vitesses devient déjà trop grande et environ 1 mètre à 1m,20 par seconde est une bonne moyenne. Pour les hautes chutes, elle atteint 3 mètres à 3m,50 par seconde comme limite usuelle pour les sections du plus faible diamètre.

Dans la plupart des circonstances favorables, les conduites ont été établies directement jusqu'à la station centrale et les turbines et les générateurs établis au-dessus des dérivations dans le même alignement, comme l'indique la figure 4, mais le dispositif de la figure 5 est préférable.

Avec de très grandes hauteurs de chute, on ne peut employer que des conduites de diamètre relativement petit, représentant de grandes résistances. Le transport à l'emplacement de l'utilisation est une question de dépenses laquelle doit être calculée de manière à rester appliquée à des poids de charges hydrauliques distinctes, en n'utilisant qu'une seule conduite pour chaque turbine. Il est

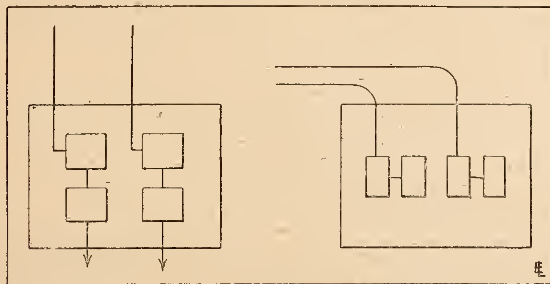


Fig. 4. Fig. 5.

cependant souvent convenable de mettre en communication les diverses canalisations avec les bassins de réserve; chaque canalisation doit être en état d'être immédiatement fermée et isolée dans le cas de mise hors fonctionnement, soit au moyen d'une valve automatique, soit par un dispositif de contrôle électrique actionné de la station centrale. Chaque canalisation peut ainsi être munie d'une valve d'isolement du réservoir d'alimentation ou d'une vanne dans la paroi du déversoir.

Les conduites d'air et les valves de remplissage ont été établies dans ce but. Une simple conduite peut desservir deux ou plusieurs unités par le moyen d'un récepteur à la station centrale, ce qui n'est pas à recommander ordinairement, quand des conduites individuelles desservent chaque roue; il est préférable de les relier à la station centrale, de telle sorte que les unités génératrices soient interchangeables; cela nécessite une dépense supplémentaire de valves d'isolement, mais qui se récupère généralement. Il n'en est pas de même avec le récepteur.

Ce ne sont pas là les points particuliers par lesquels le système des conduites de chute de hauteur moyenne diffère essentiellement de ceux qui ont déjà été réalisés.

Les conduites sont de plus grandes dimensions, et leur débit nécessite la plus grande attention, à moins qu'elles ne soient construites sur l'emplacement, et que d'autre part elles soient facilement accessibles de la localité.

Les valves de réglage du débit et les cloches de régularisation sont rarement nécessaires avec les installation à très faible hauteur de chute et les turbines submergées; le tuyau d'amenée est la seule conduite nécessaire parce que, pour un tant soit peu de plus grande hauteur de chute, il faudrait à la fois une conduite de pression et un tuyau d'alimentation.

Avec de grandes unités d'installation, les dimensions des conduites deviennent très grandes, et la pression hydraulique interne devient une considération secondaire.

Ces cas se présentent quand une vanne automatique, desservant une très grande conduite, se trouve isolée du réservoir déversoir d'alimentation, et que la pression d'air en amène la destruction complète. Aucune construction intérieure n'est pratiquement nécessaire avec des chutes de faible hauteur, l'essentiel des dérivations est qu'elles soient de grandes dimensions pour donner une très faible vitesse de décharge, et qu'elles soient exemptes de tourbillons.

Avec des chutes de grande ou de moyenne hauteur, le puits de conduite de dérivation doit être établi de telle sorte qu'il ne se produise pas de remous ondulatoires s'opposant à la libre sortie de l'eau d'amenée.

La perte de charge avec de telles vitesses devient déjà trop grande, et environ 1 mètre à 1m,20 par seconde est une bonne moyenne.

Pour les chutes de 600 mètres ou bien équivalentes, l'effet de l'énergie du jet est surprenant et la maçonnerie de l'installation complètement incapable de lui résister. En regard de la dépense concernant le générateur, il n'y à pas de grandes différences de dépense de premier établissement entre les installations outillées pour la vapeur et les stations hydro-électriques; les dépenses de l'installation de ces stations peuvent être comparables.

Les chaudières, conduites de vapeur, machines ou turbines à vapeur, installations de condensateur et accessoires sont remplacées par des roues-turbines comparativement simples, ainsi que leurs tuyaux d'alimentation dans la plupart des cas favorables; mais, dans les installations moins simples, doit aussi intervenir la dépense complète de l'installation hydraulique, canaux, bassins déversoirs, réservoirs et digues à mettre en comparaison des installations à vapeur. Les dépenses d'exploitation, services centraux, direction, lubréfiants et matières d'entretien et de réparation, ne diffèrent pas en principe dans les deux cas; pratiquement, la dépense annuelle de combustibles dans l'un des cas peut être mise en comparaison des extra-charges annuelles de capital dans l'autre.

Une différence importante entre l'installation à vapeur et l'installation hydraulique se trouve dans le fait que chaque quantité d'énergie engendrée par la méthode précédente correspond à une dépense définie en argent pour le charbon, de telle sorte que la perte à un moment donné se répercute sur la vente de l'énergie obtenue, tandis qu'avec l'énergie hydraulique, il n'y a aucune dépense d'argent, ni aucun débit qui n'ait sa contre-partie dans les creux de la courbe de charge sans affecter les pointes, et ne représente un profit quel que soit le taux correspondant.

L'idée commune que la dépense d'énergie hydraulique ne coûte rien n'est vraie que jusqu'à ces considérations limites.

Dans une telle comparaison, la dépense en capital d'établissement, la dépense en combustible et le facteur de charge, sont les trois données essentielles qui déterminent si un projet d'installation d'énergie doit être établi en se servant de combustible ou bien de l'énergie hydraulique.

C. Schmitt.

LA TÉLÉPHONIE MULTIPLE SIMULTANÉE

L'Amérique, pays classique du téléphone, a résolu le problème de la téléphonie multiple simultanée. Avant d'aborder cette question rappelons brièvement en quoi consiste le problème de la téléphonie à longue distance.

Il se produit dans les conversations téléphoniques la même chose que dans les conversations naturelles : au fur et à mesure que la distance entre les deux interlocuteurs augmente, la voix de l'un arrive de moins en moins distincte à l'oreille de l'autre : la ligne avec ses résistances passives (résistances, capacité, inductance, isolement) absorbe peu à peu le courant électrique. On a cependant pu réduire beaucoup cet amortissement en utilisant certaines oppositions d'effet entre quelques-unes des qualités passives de la ligne, de la capacité et de l'inductance par exemple. Le record des résultats obtenus jusqu'ici est le suivant : en Amérique on a établi la communication normale et commerciale entre New-York et San-Francisco (5.440 km).

On conçoit que l'installation de semblables lignes conduise à des dépenses formidables ; il en résulte que le prix d'une communication est fort élevé. Le problème de la simultanéité de deux ou plusieurs conversations sur la même ligne a donc pris une importance considérable ; il vient d'être résolu et on peut maintenant faire passer cinq communications téléphoniques sur une même ligne.

Bell, il y a quarante ans, avait étudié le problème qui avait été repris après lui par le général Squier. Mais c'est Forest, avec son audion destiné à la téléphonie sans fil, qui préparait, sans s'en douter, la solution du problème, solution qui, vers la fin de décembre 1918, était obtenue grâce aux travaux des ingénieurs de la « American Telephon and Telegraph Co ».

Principe de la téléphonie multiple.

Voici brièvement comment a été résolu le problème :

Chacune des cinq conversations simultanées, ou, pour mieux dire, chacun des courants téléphoniques auxquels elles sont confiées, est transformé au point de départ en un courant qui a des caractéristiques particulières et qui par suite à l'arrivée se distinguera du voisin si on lui offre un chemin plus adapté à ses caractéristiques. C'est ce qui se passerait si l'on superposait cinq dessins différents coloriés diversement ; pour les distinguer ensuite, il suffirait de regarder l'ensemble avec une vitre d'une seule couleur : le dessin de cette couleur apparaîtrait seul.

Le phénomène précédent est basé sur la fréquence des divers courants. On sait qu'il existe certaines fréquences au-delà des limites de perception de nos sens et que les courants à haute fréquence obéissant aux mêmes lois que ceux à basse fréquence ont une préférence pour les circuits qui présentent des caractéristiques données ; aussi si nous offrons à un courant de haute fréquence particulier l'occasion de choisir entre un certain nombre de circuits divers, il choisira l'un d'eux et le parcourra.

Imaginons maintenant qu'au départ, chacun des cinq courants téléphoniques soit *modulé* sur un courant de fréquence particulière destiné à la transporter sur la ligne, et qu'à l'arrivée soient disposés cinq circuits qui présentent chacun les caractéristiques favorables au passage d'un courant donné. Les cinq communications seront ainsi transportées vers les stations relatives d'arrivée et il suffira d'insérer sur les circuits individuels un organe capable de *démoduler* le courant téléphonique transporté pour que celui-ci arrive à l'oreille de la personne qui écoute avec ses qualités primitives. Dans le sytème imaginé par les ingénieurs américains un groupe spécial d'impédance fonctionne comme « filtre » pour séparer l'une de l'autre les diverses fréquences, tandis qu'un « amplificateur » du type à vide employé pour la téléphonie san fil sert à « moduler » et « démoduler » le courant téléphonique sur le courant qui le transporte.

Les valves ioniques ont rendu possible la solution du problème ; elles servent à « moduler » et à « démoduler » les courants, à les renforcer le long de la ligne pour éviter une atténuation excessive, à les amplifier de nouveau après filtrage.

Ce système n'empêche en rien de profiter des divers systèmes déjà en usage pour la téléphonie à grande distance ; c'est ainsi qu'il permet la simultanéité des courants téléphoniques et des courants télégraphiques. Sur une ligne à deux fils on peut faire passer soit cinq communications téléphoniques, soit quarante communications télégraphiques, soit enfin une partie des premières et une partie des secondes ; par l'union de deux lignes téléphoniques à deux fils on obtient le moyen de transmettre simultanément dix communications téléphoniques au lieu de trois, maximum permis

auparavant par le système « virtuel » ou « fantôme ».

La première ligne sur laquelle a été installé le système de téléphonie précédent est la ligne Baltimore-Pittsburg; les résultats ont été des plus satisfaisants.

Le système est applicable à n'importe quelle ligne, mais ses avantages techniques et économiques ne deviennent vraiment intéressants que pour les longues lignes de plus de 150 km, son adoption étant uniquement subordonnée au prix de revient de l'installation. M. G.

(D'après *Electricista.*)

Installation électrique portative pour frigorifique.

La figure ci-contre montre les caractères et les détails de construction d'une installation électrique portative pour frigorifique de dimension moyenne pouvant servir aux commerçants ou alimentation, hôtels, hôpitaux, etc.

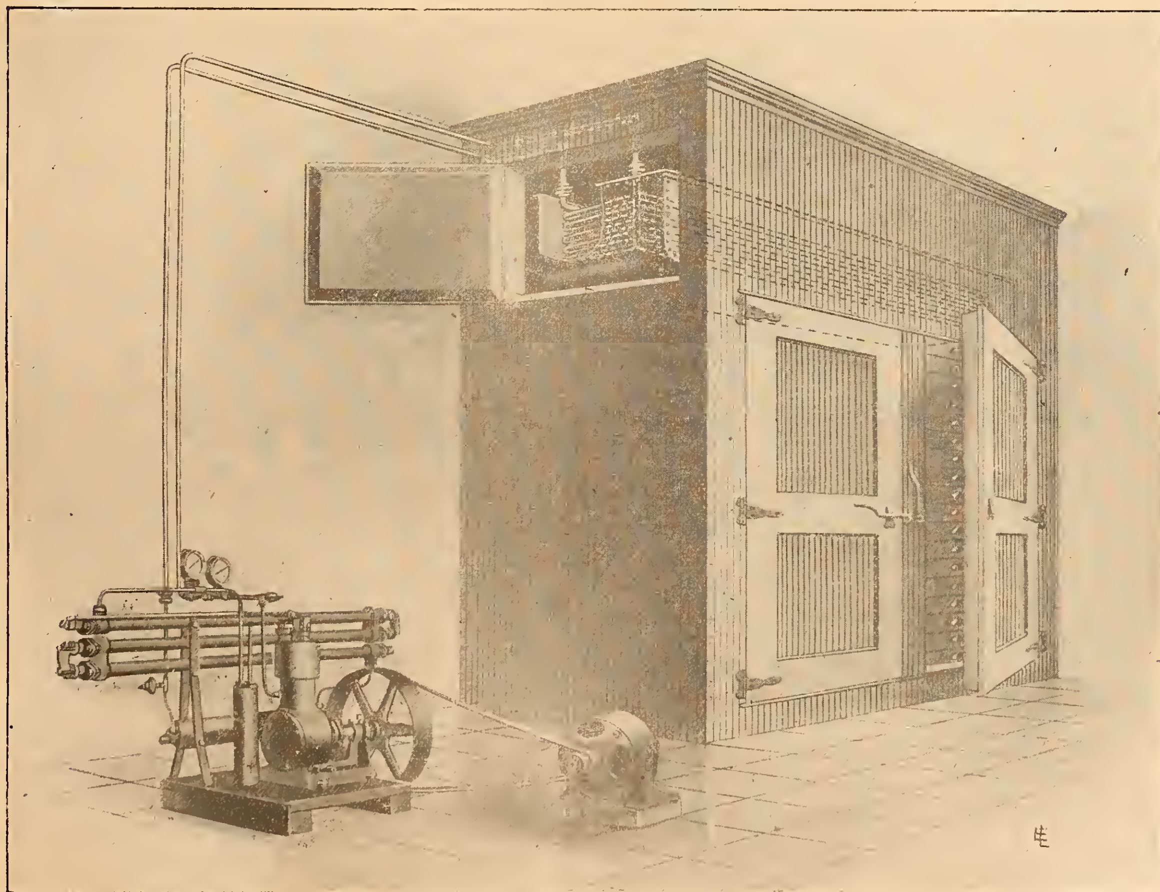


Fig. 1. Installation frigorifique de 250 Kgs par 24 h.

Cette installation, reliée à une chambre froide, est utilisée avec le système d'expansion directe. On emploie une cuve à saumure, dans laquelle sont placés les serpentins de détente, ce qui évite d'avoir à remettre souvent les machines en marche.

La quantité de saumure refroidie pendant le jour est suffisante pour maintenir la température basse pendant la nuit où les machines sont arrêtées.

La petite installation, mue électriquement, qui a une capacité réfrigérante de 1/4 de tonne par 24 h., est conduite par courroie et pèse 400 kilos. Un ensemble plus grand d'une capacité de 2 tonnes pèse 1.500 kilos. Elle comporte : une machine réfrigérante ; un double tube condenseur à ammoniaque ; un séparateur d'huile ; un réservoir ; des compteurs de pression d'ammoniaque et de vide.

F. C. Perkins.

++++++++++++++++++++++++++++++++++++

LA PLUS LONGUE PORTÉE

entre pylônes.

++++++

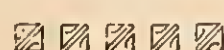
*Dans l'*Electricien *du 15 mars 1920, nous avions indiqué comme devant être la plus longue, une portée de 1384 mètres, en Norvège. Nous recevons à ce sujet, l'information suivante :*

Il y a en Amérique deux portées de ligne qui ont aussi une très grande longueur.

La plus longue est dans l'Etat du Tennessee, sur une ligne qui alimente les usines de l'Aluminium C°. of America. Cette portée, qui traverse la rivière Little Tennessee, a une longueur de 1527 mètres. Les deux pylônes sont à une différence de niveau de 63 mètres, une des rives étant plus haute que l'autre, et la flèche mesurée du plus bas support est de 65,9 mètres. Les câbles consistent en un noyau de 22 millimètres de diamètre, en acier, entouré de 22 fils d'aluminium ayant 3,8 millimètres de diamètre chacun.

L'autre portée de ligne remarquable pour sa longueur est au Canada et traverse le Saint-Laurent, près de la ville de Trois-Rivières, faisant partie du système de la Shawinigan Water and Power C°. Ici, la distance totale entre pylônes est est de 1.463 mètres, avec une flèche de 55,5 mètres, à une température ordinaire d'été. Les pylônes ont une hauteur de 106,7 mètres afin de permettre une hauteur de câbles suffisante pour ne pas nuire à la navigation du Saint-Laurent. Les conducteurs sont en cuivre, chacun étant suspendu par isolateurs à un câble en acier de 35 millimètres de diamètre.

L. G. Denis.
Ingénieur hydro-électricien Ottawa.



LE MINISTÈRE DU TRAVAIL

demande avis pour l'application de la loi de 8 heures.

++++

A la demande d'organisations patronales et ouvrières, des règlements d'administration publique seront pris prochainement pour déterminer les délais et conditions d'application de la loi du 23 avril 1919 sur la journée de 8 heures, pour l'ensemble du territoire, aux catégories professionnelles ci-après :

1° Entreprise de manutention maritime dans les ports ;

2° Entreprise de production et de distribution d'énergie électrique.

Les organisations patronales et ouvrières intéressées sont priées de faire parvenir leur avis sur les dispositions à introduire dans les règlements d'administration publique, en signalant, le cas échéant, les accords intervenus entre les organisations patronales et ouvrières auxquels elles estimeraient que les règlements devront se référer, et en communiquant à cet effet une copie conforme de ces accords.

Les organisations patronales et ouvrières intéressées devront donner leur avis dans le délai d'un mois, à dater du 18 avril 1920. Leurs communications doivent être adressées à M. le Ministre du travail, direction du travail, 2e bureau, 80, rue de Varenne, Paris, VIIe arrondissement.

Le présent avis ne concerne pas les organisations patronales et ouvrières des industries de production et de distribution d'énergie électrique des départements de la Seine, de la Seine-et-Marne et de la Seine-et-Oise précédemment consultées.

++++++++++++++++++++++++++++++++++++

JURISPRUDENCE

++++

EXCÉDENTS DE FORCE — TRAMWAYS

Un arrêt de la Cour de Cassation vient de consacrer le principe interdisant à une compagnie concessionnaire d'un service public productrice d'électricité la vente de forces produites sans nécessité, dans un but de spéculation et uniquement pour être vendues à des particuliers.

Sur pourvoi de la Compagnie du gaz de Lyon, la Cour de Cassation a rejeté les prétentions de cette dernière, qui voulait obliger la Compagnie des tramways à lui fournir du courant produit par l'excédent d'une usine vapeur maintenant suppléée par une installation hydro-électrique.

L'arrêt de la Cour de Cassation est un arrêt de principe, aux termes duquel, de même que tout administrateur d'un service public ne peut accomplir dans ce service aucun acte qui ne soit prévu par les lois et règlements, de même une société concessionnaire d'un service de transports, liée à l'administration par un contrat de travaux publics, est obligée de se renfermer dans les limites de l'acte qui précise l'objet de sa concession. Ainsi, elle ne peut, accessoirement à l'exploitation de transports, vendre pour des besoins particuliers les excédents d'énergie électrique dont elle dispose qu'à la condition que ces excédents ne soient pas produits directement en vue de leur vente ou cession, mais proviennent réellement de la production d'énergie imposée par la marche des services de traction.

Inventions. — Appareils et procédés nouveaux.

PERFECTIONNEMENTS DANS LE RÉGLAGE DE LA VITESSE DES MOTEURS D'INDUCTION

L'invention se rapporte à un réglage de la vitesse des moteurs d'induction à bagues, par la mise en cascade avec ces moteurs, de deux machines monophasées à collecteur excitées par un changeur de fréquence branché sur le réseau, ou comportant une double auto-excitation destinée à améliorer le facteur de puissance et à obtenir

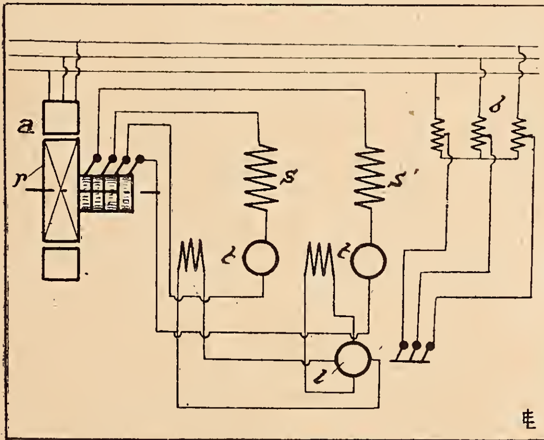


Fig. 1

toutes caractéristiques jugées convenables. La figure 1 représente un montage de ce genre. Le moteur à induction *a*, *r* (stator et rotor), dont on doit régler la vitesse, alimente par l'intermédiaire de son rotor *r* les enroulements de compensation *s s'* et les armatures des machines à collecteur.

L'excitation est alimentée par le changeur de fréquence *l* dont le côté bague est relié au réseau par l'intermédiaire du transformateur *b*. — (Br. Fr. 497.588.)

PERFECTIONNEMENTS DANS LES ÉLÉMENTS DES RÉSISTANCES ÉLECTRIQUES

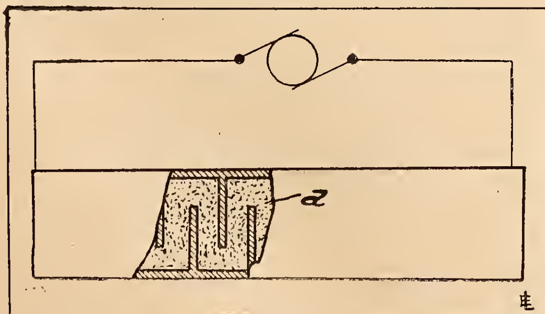


Fig. 2

Cette invention est relative à un élément résistant en carbone, qui peut être mis à l'abri de l'oxydation et est destiné à produire de la chaleur (fig. 2)

On emploie soit du carbone amorphe ou graphité, passé dans une filière, que l'on enferme ensuite dans une enveloppe, soit un élément en zig-zag *a* constitué par du carbone graphité. On applique sur l'élément une matière de protection formée d'oxyde d'aluminium fondu, ou de carbone de silicium recristallisé (mélangé à un fondant). L'élément ainsi formé est soumis au chauffage électrique à la température à laquelle il doit travailler. (Br. F. 498.123.)

SYSTÈME DE DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE DE L'HEURE PAR LES RÉSEAUX DE FORCE ET LUMIÈRE EXISTANTS

Ce système qui peut être appliqué à tous les réseaux comporte un appareil émetteur placé au départ du feeder et un récepteur chez chaque abonné. A chaque minute un signal est envoyé.

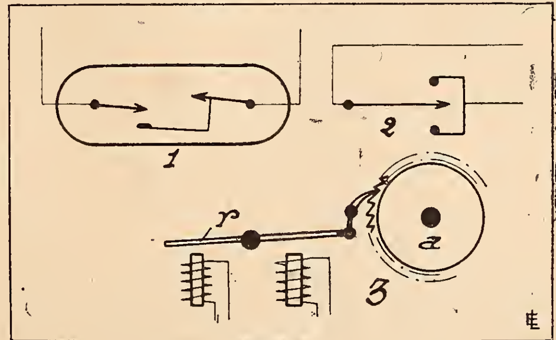


Fig. 3

L'appareil émetteur est un survolteur dévolteur à commande automatique envoyant un signal constitué par une série de variations périodiques et peu élevées de tension.

Chaque horloge réceptrice comporte deux voltmètres électromagnétiques recevant le signal par un effet de résonance pendulaire, et un compteur récepteur horaire *a* et *r* à double cliquet d'impulsion.

Dans le schéma 1 (fig. 3), l'index du voltmètre de gauche est peu amorti, tandis que l'index de l'autre est très amorti. La rencontre des deux contacts ferme le circuit sur le compteur.

Dans le schéma 2, on n'emploie qu'un voltmètre et deux contacts fixes. (Br. F. 498.170.)

ÉLÉMENT DE RÉSISTANCE ET RHÉOSTAT PERFECTIONNÉ

Le rhéostat est composé d'une résistance en forme de bague, avec plots fixés en divers points sur lesquels vient frotter une lame de contact.

L'élément de résistance est constitué par une pâte :

6 parties déchets plombagine calcinée.

4 parties scories (hauts-fourneaux).

1 partie sulfure de fer.

Ce mélange est pulvérisé, brassé et humecté de silicate de soude formant liant. (Br. F. 498.774.)

PERFECTIONNEMENTS AUX APPAREILS D'INTERCOMMUNICATIONS A BOUTONS

L'invention se rapporte à un dispositif d'intercommunication permettant la fermeture automatique du circuit de conversation du poste appelant au moment de l'appel, si ce poste est libre, et au contraire maintenant l'ouverture dans le cas où le poste est occupé (fig. 4).

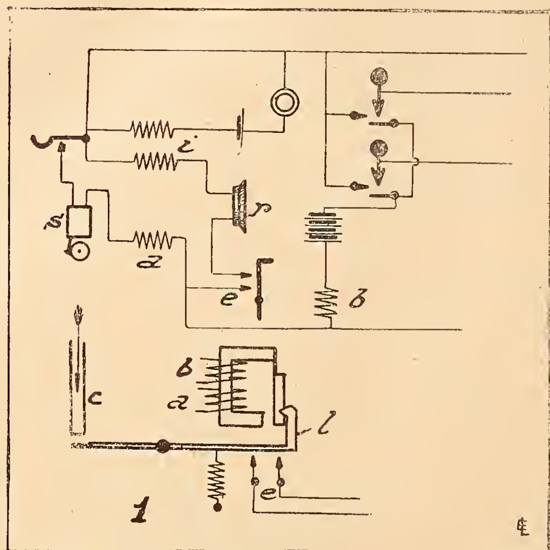


Fig. 4

Pour cela, chaque poste est muni d'un électro-aimant à 2 enroulements *a* et *b*, montés l'un sur le circuit des boutons et l'autre sur le circuit de la sonnerie *s*. Quand l'électro-aimant n'est pas excité, le levier *l* reste enclenché et les deux contacts en *e* ne sont pas court-circuités. Si le courant agit sur *a* ou *b* ce court-circuit se produit.

Cas du poste appelant. — Si le poste appelé est en conversation, un courant d'appel est envoyé sur *a*, mais ce courant n'est pas suffisant pour actionner le levier *l*, à cause de la grande résistance du circuit de conversation de l'appelé. Le poste appelant ne peut rentrer en conversation, le court-circuit en *e* n'étant pas établi.

Si le poste appelé est libre, le courant est suffisant et le contact en *e* se ferme. Après conversation l'accrochage du combiné ramène, par l'intermédiaire du levier C, le levier *l* à l'enclenchement

Cas du poste appelé. — Dans le deuxième cas, le courant d'appel passe par *b* et dans la sonnerie. Il y a déclenchement et fermeture du circuit de conversation. (Br. F. 498.357.)

ACCUMULATEURS ÉLECTRIQUES A MERCURE.

Cet accumulateur a une grande capacité relativement à son poids total.

Chaque élément est formé d'un vase en matière isolante. L'électrolyte est un sel ammoniacal, dont l'acide peut être quelconque, par exemple du sulfate d'ammoniaque.

L'électrode négative est constituée par du mercure.

L'électrode positive est formée d'un sel avide d'oxygène (même acide que l'électrolyte).

Pendant la charge il se forme un amalgame d'ammonium. (Br. Fr. 496.534.)

DISPOSITIF POUR INDIQUER LES PERTES DE TERRE DANS LES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

L'appareil comporte (fig. 5) une aiguille *s* montée sur deux bras coudés constituant les armatures de deux électro-aimants *a* et *a'*. L'aiguille est maintenue au o par des ressorts. Chaque électro-aimant est relié d'une part à la terre et d'autre part à chaque fil par l'intermédiaire de résistances *r* et *r'*, ou de lampes. Il y aura une déviation dans l'un ou l'autre sens suivant que l'un ou l'autre fil est mis à la terre. (Br. F. 498.555.)

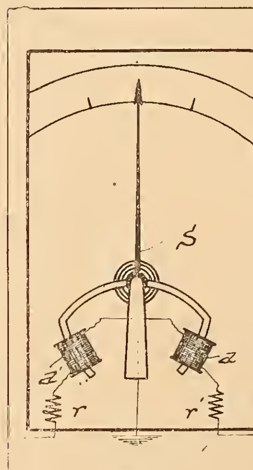


Fig. 5

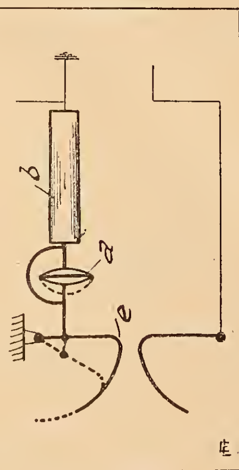


Fig. 6

DISPOSITIF POUR PROTÉGER DES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES CONTRE LES SURÉLÉVATIONS DE TENSION

Ce dispositif comporte (fig. 6) un corps de dilatation *a* qui, en s'échauffant par la décharge de l'étincelle, agrandit la distance de celle-ci jusqu'à ce qu'elle soit rompue (en *e*).

Le réglage étant peu précis avec un fil thermique, on emploie ici une résistance *b* montée dans le circuit de l'étincelle et qui chauffe le corps *a*. Cette résistance *b* peut être la résistance d'amortissement. (Br. F. 498.874.)

FOUR ÉLECTRIQUE POLYPHASÉ

Ce four est destiné aux réactions chimiques et à l'avantage de réaliser un chauffage uniforme. Pour un four à

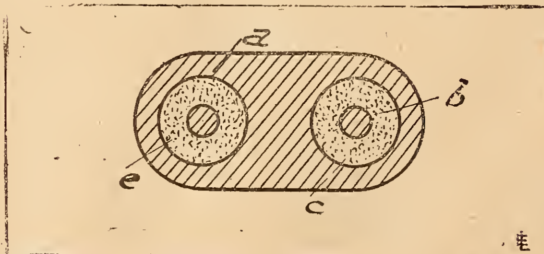


Fig. 7

trois électrodes, par exemple (fig. 7), il comprendra deux électrodes centrales *e* et *b* et l'enveloppe *a* constituera la troisième électrode. En *c* sera placé la matière à traiter. (Br. F. 498.564.)

P. M.

L'ÉCOLE DE L'ÉLECTRICIEN

Enseignement pratique de l'électricité industrielle.

Nous invitons tous nos lecteurs à nous adresser, dans le délai d'un mois, les solutions des problèmes proposés. Des **MENTIONS** seront décernées à tous ceux qui auront obtenu une moyenne d'au moins 14 pour un nombre de problèmes dont le minimum sera déterminé par le jury du concours.

Sommaire : 1° *Solutions des problèmes proposés dans le numéro du* 1er *mars* 1920.
2° *Problèmes proposés aux lecteurs* (8e *série.*)

Problème 21. — *Une lampe à incandescence à filament métallique présente une résistance de 200 ohms et fonctionne sur 110 volts. On demande de calculer :*

1° La consommation de cette lampe;

3° L'intensité du courant qu'elle absorbe, en supposant qu'on ne connaît pas la tension à laquelle elle fonctionne.

Solution.

1° La consommation de la lampe peut se calculer de deux façons : la plus simple est celle qui est donnée par la formule déjà vue (30) :

$$W = \frac{E^2}{R}$$

On aura donc :

$$W = \frac{110^2}{200} = 60 \text{ watts.}$$

2° Si l'on ne connaît pas la tension de la lampe, mais si l'on connaît sa consommation et sa résistance et que l'on veuille déterminer l'intensité du courant qu'elle absorbe, on a recours à la formule :

$$W = R.I^2$$

dans laquelle W = 60 watts et R = 200 ohms.

On déduit de cette formule :

$$I^2 = \frac{W}{R'}$$

c'est-à-dire :

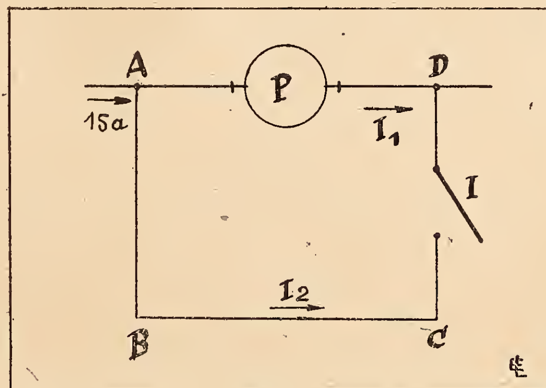
$$I^2 = \frac{60}{200} = 0,3$$

La valeur du courant est alors la racine carrée de 0,3, soit 0,55 ampère.

***

Problème 22. — *Un appareil ayant une résistance de 1 ohm est branché sur le circuit A D. Entre les deux mêmes points existe un circuit A B C D muni d'un interrupteur I, permettant de mettre l'appareil A en court-circuit et de le débrancher.*

Le circuit A B C D présentant une résistance de 0,01 ohm, on demande de calculer les courants dans l'appareil P et le circuit A B C D lorsqu'on vient à fermer l'interrupteur I et que le courant en A est de 15 ampères.



Solution.

Problème 22. — Il y a deux façons de résoudre ce problème, nous prendrons la plus simple. Pour cela nous aurons recours aux deux lois de Kirchhoff, dont il a été question précédemment, § 15.

Appelons I_1 le courant dans l'appareil suivant AD et I_2 le courant dans le circuit A B C D.

D'après la première loi de Kirchhoff, on a :

$$I_1 + I_2 = 15 \text{ ampères.}$$

et d'après la deuxième loi :

$$1 \times I_1 - 0,01 \times I_2 = O.$$

c'est-à-dire :

$$I_1 = 0,01\ I_2$$

Si nous remplaçons I_1 par cette valeur dans la première équation $I_1 + I_2 = 15$ ampères, on a :

$$0,01\ I_2 + I_2 = 15$$

ou :

$$1,01\ I_2 = 15,$$

d'où l'on tire la valeur de I_2, soit :

$$I_2 = \frac{15}{1,01} = 14 \text{ amp. } 85.$$

c'est le courant qui passe dans le circuit A B C D.

Le courant passant dans l'appareil P se déduira de la relation $I_1 = 0,01\ I_2$ ci-dessus, ou encore de la relation $I_1 + I_2 = 15$, d'où $I_1 = 15 - I_2$, c'est-à-dire :

$$I_1 = 15 - 14,85 = 0,15 \text{ ampère.}$$

On voit qu'il est très faible et qu'il le sera d'autant plus que la résistance du court-circuit A B C D sera plus petite.

***

Problème 23. — *Un appareil de chauffage fonctionnant sous 110 volts à une résistance de 36 ohms, on demande :*

1° De calculer en combien de temps cet appareil permettra d'amener à l'ébullition un litre et demi d'eau dont la température est de 12 degrés.

2° La dépense occasionnée au bout de ce temps, si le prix du kilowatt-heure pour le chauffage est de 0 fr. 15 centimes.

Nota. — *Pour simplifier on suppose que toute la chaleur développée par l'appareil est entièrement utilisée pour échauffer l'eau.*

Solution.

Problème 23. — 1° Calculons la valeur du courant dans l'appareil,

c'est, d'après $I = \frac{E}{R}$,

$$I = \frac{110}{36} = 3 \text{ ampères en chiffres ronds.}$$

Représentons par t le temps qu'il faudra pour porter un litre et demi d'eau à 12 degrés à l'ébullition, c'est-à-dire à 100 degrés.

L'énergie dépensée pendant ce temps t dans une résistance R avec un courant I nous est donnée par la formule (28) :

$$W = R I^2 \times t$$

On aura donc :

$$W = 36 \times 3^2 \times t$$

ou en petites calories :

$$W = 0,24 \times 36 \times 3^2 \times t$$

Un litre et demi d'eau supposé pesant 1 kilo par litre à la température donnée, pèse 1 kilo et demi, soit, comme nous devons employer le gramme dans notre calcul, 1.500 grammes. Ce poids d'eau devant être porté à 100 degrés, il faudra alors élever sa température de :

$$100 - 12 = 88 \text{ degrés.}$$

Le nombre de calories-grammes à développer sera alors au total de :

$$1.500 \times 88 = 132.000$$

Mais observons que ce même nombre de calories est ainsi donné, au bout du temps t cherché, par la relation ci-dessus, soit :

$$W = 0,24 \times 36 \times 3^2 \times t,$$

on aura donc :

$$0,24 \times 36 \times 3^2 \times t = 132.000$$

Il est alors facile d'en déduire le temps t, c'est :

$$t = \frac{132.000}{0,24 \times 36 \times 9}$$

c'est là un temps exprimé en secondes. Pour l'obtenir en minutes, il faudra diviser encore par 60 soit :

$$t = \frac{132.000}{0,24 \times 36 \times 9 \times 60} = 28 \text{ min. à peu près.}$$

2° Prenons une autre forme pour résoudre plus simplement cette question. La puissance correspondant à la dépense de l'appareil est : $W = E\,I$, soit $W = 110 \times 3 = 330$ watts ou encore 0,330 kwatt.

En une heure la consommation serait de 0,330 kilowatt-heure.

La consommation de notre appareil en 28 minutes correspondra donc à :

$$\frac{0,330 \times 28}{60} = 0,154 \text{ kilowatt-heure,}$$

la dépense correspondante sera alors, à 0 fr. 15 le kilowatt-heure, de :

$$0,154 \times 0,15 = 0 \text{ fr. } 023$$

soit près de 2 centimes et demi.

***

Problème 24. — *Le fusible d'un coupe-circuit est formé d'un alliage fondant à la température de 265 degrés. Le diamètre du fil fusible est de 2 millimètres, sa longue r de 40 millimètres et sa résistivité de 0,2 ohm.*

Sachant que la densité de l'alliage est de 10, sa chaleur spécifique de 0,03 et qu'on veut obtenir la fusion au bout de une seconde, déterminer la valeur du courant qui fera fondre le fusible.

On suppose que la température du lieu où est placé le fusible est de 12 degrés.

Problème 24. — Solution.

Nous rappellerons tout de suite que la chaleur spécifique d'un corps est le nombre de calories nécessaires pour élever de 1 degré la température de un kilogramme de ce corps.

La température extérieure étant de 12°, le courant devra élever celle du fusible pour le fondre de :

$$265 - 12 = 253 \text{ degrés.}$$

Le poids du fusible sera, si nous appelons l sa longueur et S sa section :

$$l \times S \times 10,$$

puisque sa densité est 10.

La chaleur spécifique totale du fusible sera alors :

$$l \times S \times 10 \times 0{,}03.$$

Il faudra alors pour fondre le fusible une quantité totale de chaleur de

$$(l \times S \times 10 \times 0{,}03) \times 253$$

Remplaçons la section S par sa valeur en centimètres carrés, soit 0,0314 centimètres carrés, on aura alors :

$$l \times 0{,}0314 \times (10 \times 0{,}03) = 253 \text{ petites calories.}$$

D'autre part, nous savons que l'énergie dépensée en watts pour fondre le fusible sera d'après la formule (28) :

$$w = RI^2 \times t$$

Calculons la valeur de R. Pour la suite du calcul, nous continuerons à exprimer la section en centimètres carrés et, par conséquent, la longueur en centimètres; la résistivité sera alors exprimée en microhms-centimètres.

Rappelons que, dans ce cas, la résistance est exprimée en ohms par : $R = \rho \frac{l}{S} 10^{-6}$. La résistivité est alors de 20 microhms-centimètres, on a donc :

$$R = 20 \times \frac{l}{0{,}0314} 10^{-6}$$

Nous aurons, si nous observons, en outre, que nous voulons que le fusible fonde en 1 seconde :

$$W = \frac{20 \times l \times 10^{-6}}{0{,}0314} \times I^2 \text{ watts.}$$

Il faut évaluer ce résultat en petites calories. Ce sera, comme nous l'avons vu précédemment :

$$0{,}24 \times \frac{20 \times 10^{-6} \times l}{0{,}0314} I^2$$

mais ceci représente la quantité de chaleur que nous venons d'évaluer de façon différente, nous aurons donc :

$$l \times 0{,}0314 \times 10 \times 0{,}03 \times 253 = 0{,}24 \times \frac{20 \times 10^6 \times l}{0{,}0314} I^2$$

Il est alors facile de déduire la valeur du courant cherché. On a d'abord :

$$I^2 = \frac{\overline{0{,}0314}^2 \times 10 \times 0{,}03 \times 253 \times 10^6}{0{,}24 \times 20}.$$

c'est-à-dire, en observant que le carré de 0,0314 est sensiblement 0,001,

$$I^2 = \frac{0{,}001 \times 10 \times 0{,}03 \times 253 \times 10^6}{0{,}24 \times 20}$$

d'où I = approximativement 125 ampères.

C'est la valeur du courant nécessaire pour fondre le fusible en une seconde.

La longueur du fusible n'a pas, ici, à intervenir.

***

PROBLÈMES PROPOSÉS AUX LECTEURS
(8e Série) (1).

Problème 27. — Quelle est la force magnétomotrice d'une bobine comportant 1500 spires et traversée par un courant de 0,4 ampère ?

Problème 28. — Une bobine de 0 mètre 24 de longueur est enroulée de 350 spires de fil et fournit un champ magnétique de 1.750 gauss. On demande de calculer le courant nécessaire à l'entretien de ce champ.

Problème 29. — Une bobine dont le diamètre intérieur est de 36 millimètres comporte 500 spires de fil. Sachant que la longueur de cette bobine est de 85 millimètres, on demande de calculer que courant en ampères il faudra faire passer dans cette bobine pour obtenir un flux de 11.400 unités.

Problème 30. — Que deviendra le flux dans la bobine précédente si le diamètre intérieur de cette bobine est réduit de moitié ?

Quelle longueur faudra-t-il donner à cette bobine pour obtenir le même flux que précédemment ?

Problème 31. — Combien de spires faut-il enrouler

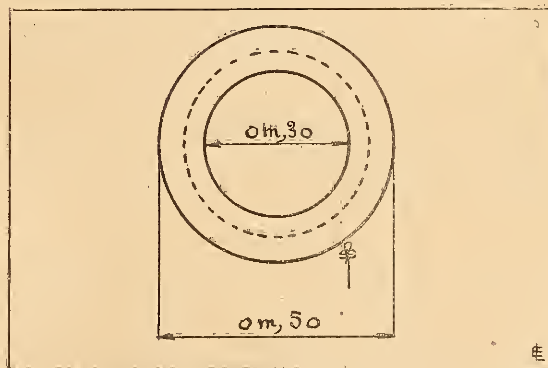


fig. 55

sur un solénoïde circulaire (voir figure) dont le diamètre intérieur est de $0^m{,}30$ et le diamètre extérieur $0^m{,}50$, si l'on veut que le courant nécessaire pour produire le champ magnétique ait une valeur vingt fois et demi moindre que celle de ce champ ?

R. Sivoine.
Ingénieur. E. T. P.

(1) Voir dans le numéro du 15 avril, « Étude de l'électromagnétisme. »

TRIBUNE DES ABONNÉS

DEMANDES

N° 85. — Quelle est également la méthode pratique à suivre pour le réglage et étalonnage d'un compteur monophasé?

N° 86. — Prière bien vouloir m'indiquer le mode d'emploi des galvanomètres et me faire connaître à quoi servent les tables de résistances. Cette question est, je pense, très intéressante pour les personnes qui manient cet appareil pour voir les pertes à la terre ou les courts-circuits. Mais le but principal n'est pas celui-là, c'est de mesurer la résistance des lignes, circuits, etc...

N° 87. — Où pourrait-on trouver actuellement des *petits accumulateurs hermétiques* pour lanternes dites « de ménage », accumulateurs répondant à la désignation suivante : Hauteur sans les bornes, 100 millimètres; avec les bornes, 112 millimètres environ. Largeur, 75 millimètres; épaisseur. 35 millimètres; bac en ébonite avec couvercle scellé au bitume (ou matière similaire); absorbant : laine de verre, 5 plaques, capacité à la décharge de 1/2 ampère, 8 à 10 ampères-heures. Ces petits accumulateurs, de fabrication étrangère sans doute, se trouvaient très facilement avant la guerre. Au détail, ils se vendaient de 8 à 9 francs. Si ce type ne se trouvait plus, pourrait-on en signaler un autre à même de le remplacer et également absolument hermétique. — Flayelle, rue de Mons, Valenciennes.

N° 88. — Qui pourrait fournir ou construire petits réchauds électriques s'adaptant sur courant continu 440 watts et pouvant donner 270 à 325°. Le réchaud peut être constitué par une simple plaque métallique de 15 à 20 cm. de D.

Sert à faire revenir au bleu de petits ressorts d'acier enfermés dans une boîte. Service à rendre à une nouvelle industrie française.

N° 89. — Electricien établi demande des adresses de fabricants pour les articles suivants :

Lustrerie, verrerie, cristaux, perles pour l'électricité. Lampes 1 watt, 1/2 watt, lampes-phares pour autos, lampes à filament de carbone de tous voltages.

REPONSES

N° 57 R. — Un fabricant spécialiste des lampes à bas voltage est M. Delaporte. « La lampe Sully » à Paris, 62, rue Saint-Antoine.

La compagnie des charbons Fabius-Henrion m'a fourni également dans des délais raisonnables des lampes 38 volts, 56, rue du faubourg Saint-Honoré, à Paris.

N° 60 R. — Si la dynamo est une génératrice couplée en parallèle avec d'autres ou une batterie d'accu, le plus simple est de détacher les câbles qui vont aux porte-balais, les isoler soigneusement, laisser l'inducteur branché et envoyer du courant quelques instants dans ce dernier par les câbles du tableau. Puis couper et remettre tout en ordre. Ainsi, on n'a pas de connexions croisées, la machine se trouve dans les mêmes dispositions qu'avant l'inversion.

N° 67 R. — Généralement les règlements particuliers prescrivent que l'abonné ne peut faire aucune modification sans l'autorisation du secteur. Cela se conçoit d'ailleurs, car une modification peut entraîner des détériorations à des appareils du secteur si elle est mal faite (compteurs, isolement, déséquilibrage...)

N° 71 R. — Pour éviter la congélation du liquide en hiver et sa trop grande évaporation en été, on préconise un mélange stable d'eau et de glycérine : on fait fondre jusqu'à dissolution complète 2 kilos de sel dans 9 litres d'eau ; on mélange alors 7 décilitres d'eau salée avec 10 litres de glycérine et on chauffe le tout en remuant jusqu'à une température de 50 à 55°.

N° 77 R. — Le meilleur moyen de protéger une pièce d'un immeuble contre toute infraction possible est celui qui est basé sur une rupture du circuit provoquée soit par ouverture de porte soit par coupure de fil.

La maison Morisot, 13, rue Notre-Dame, à Corbeil (Seine-et-Oise), peut livrer les appareils répondant à la question.

N° 79 R. — Dans la boîte aux lettres d'un récent numéro de l'*Electricien*, je lis, à propos de la recharge des accumulateurs sur les courants alternatifs :

« Il y a bien un appareil à vibreur, mais il ne résoud qu'imparfaitement la question. »

Il ne peut évidemment être ici question que de mon appareil, puisque je suis le seul en France à exploiter les brevets d'un chargeur de ce genre; aussi je tiens à protester contre l'insinuation qui tend à laisser croire que cet appareil ne résoud qu'en partie le problème.

Dans l'esprit de votre correspondant comme dans celui de beaucoup d'électriciens il s'est établi cette croyance que mon appareil a mauvais rendement parce qu'il n'utilise qu'une demi-période du courant alternatif. Or rien n'est plus faux et je m'empresse de dissiper cette erreur. Oui, mon appareil n'utilise qu'une des demi-périodes du courant alternatif, il ne prend pas l'autre au réseau, mais le fait même que le vibreur ne la laisse pas passer prouve bien qu'elle n'est pas *consommée*, il n'y a donc pas de perte au sens propre du terme, l'accumulateur se reposant pendant ce temps. Il en résulte que rien n'est pris au réseau (sauf le courant à vide du transformateur) pendant que le secondaire est ouvert, d'où l'on peut conclure que le fonctionnement de l'appareil peut être assimilé à un filtre qui ne laisserait passer dans l'accumulateur en charge que des *gouttes* de courant. Or ainsi que je le démontre dans un article qui va paraître dans la R. G. E. ces émissions successives de courant suivies d'intervalles de repos sont plus favorables à la bonne charge d'une batterie ainsi que l'expérience l'a montré avec du courant continu, que si l'on utilisait les deux demi-périodes, l'action chimique provoquée par les gaz qui apparaissent sur les électrodes ayant le temps de se poursuivre dans les intervalles de repos et d'intéresser mieux la matière active à la réaction bien connue.

J'ai établi des appareils à double vibreur qui utilisent les deux demi-périodes, la solution existe donc, mais l'expérience m'a montré que la marche avec un seul vibreur était préférable (il s'agit en la matière d'une expérience de plus de dix ans, ce qui n'est pas négligeable).

Alfred Soulier,
Ingénieur-électricien.

Le Gérant : L. De Soye.

L'ÉLECTRICIEN

Revue Internationale de l'Électricité & de ses applications

PARAISSANT LE 1er ET LE 15 DE CHAQUE MOIS

Rédacteur en Chef : Maurice SOUBRIER

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

PROFESSEUR ADJOINT D'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

SOMMAIRE

MÉTHODES ET NOUVEAUX APPAREILS

de mesure électrique des joints de rails.

L'arrêté du 21 mars 1911, relatif à la traction électrique qui a donné lieu, depuis son apparition, à de nombreuses discussions, va bientôt disparaître pour faire place à un nouveau règlement plus en harmonie avec l'état des choses actuel. Ceci donne un nouvel intérêt à la question de vérification des joints de rails des lignes électriques, car les installations soumises à la réglementation nouvelle devront être vérifiées fréquemment et avec soin. Notre collaborateur, M. Lebaupin, nous donne d'utiles renseignements sur les voies électriques et sur les différentes méthode employées pour mesurer les joints de rails extraits d'une communication faite antérieurement à la Société des Electriciens. Il nous donne également la description d'un nouvel appareil pour la mesure des joints qui présente l'avantage d'une grande simplicité et d'un maniement sûr et rapide.

Le but de cette note est de montrer les difficultés rencontrées dans la mesure des joints de rails des lignes électrifiées, et de décrire un nouvel appareil à deux aiguilles et à lecture instantanée permettant de déterminer la valeur individuelle des joints avec facilité et rapidité. Cet instrument a été étudié au Laboratoire électrotechnique des chemins de fer de l'État, à la suite d'une série de recherches qui furent entreprises en vue d'arriver à exercer avec facilité un contrôle pour ainsi dire permanent sur l'état électrique des voies afin de satisfaire aux exigences de l'arrêté du 21 mars 1911 relatif à la voie électrique. Voici les deux paragraphes de cet arrêté qui présentent de l'intérêt pour les ingénieurs s'occupant de traction électrique, et qui sont pour eux une cause constante de soucis :

ARTICLE 28. — **VOIE.**

« § 1. La conductance de la voie est assurée « dans les meilleures conditions possibles, notam- « ment en ce qui concerne les joints dont la résis- « tance ne doit pas dépasser pour chacun d'eux « celle de 10 m. de rail normal.

« L'exploitant est tenu de vérifier périodique- « ment cette conductance et de consigner les « résultats obtenus sur un registre qui doit être « présenté à toute réquisition du Service du Con- « trôle.

« § 2. La perte de charge dans les voies, mesurée « sur une longueur de voie de 1 km. prise arbi- « trairement sur une section quelconque du réseau, « ne doit pas dépasser en moyenne 1 volt pendant la « durée effective de la marche normale des voitures. »

En ce qui concerne le paragraphe 1, on dispose de plusieurs méthodes pour déterminer la conductance de la voie. C'est de la voie de roulement dont on veut parler principalement ici; la voie d'alimentation est moins intéressante, parce qu'elle est obligatoirement mieux isolée et qu'en outre les éclisses se comportent mieux sur ce rail que sur le rail de retour, étant donné qu'il est soumis à de moindres chocs et à moins de trépidations.

La méthode à laquelle on a recours en général consiste à déterminer la valeur individuelle des joints à l'aide de nombreux appareils qu'on trouve dans l'industrie.

Ce procédé est employé notamment par le Métropolitain de Paris et par un grand nombre de Compagnies de tramways; il donne des résultats satisfaisants, bien que les lectures soient fréquemment pénibles et parfois incertaines. Il fut également essayé aux Chemins de fer de l'Etat, il y a bien longtemps déjà. Tous les appareils connus furent successivement employés, mais ils ne donnèrent pas de résultat vraiment pratique. Nous accusâmes principalement, à cette époque, le mode d'exploitation de la ligne dont l'inconvénient, par suite du peu de trains en prise sur la voie, était de faire circuler, en un point quelconque de cette dernière, des intensités extrêmement variables, s'annulant fréquemment, et changeant même de sens dans les rails soumis aux essais. Nous verrons, par la suite, que ce n'était pas la seule raison des difficultés d'emploi de ces appareils.

Nous avons pensé immédiatement à employer ce même procédé, non plus sur le courant de traction, mais sur un courant constant, en dehors des heures de service. Pour cela, on met, pendant la nuit, la ligne en court-circuit sur une sous-station, de façon à obtenir une intensité suffisante.

C'est le système adopté par la Compagnie P.-L.-M. sur la ligne électrique du Fayet à Chamonix; la voie est alimentée par des génératrices entraînées par des turbines. En ce qui nous concerne, la réalisation du problème est plus difficile du fait de l'emploi des commutatrices qui ne permettent guère de baisser la tension au-dessous de 500 volts. Dans ces conditions, il faut surtout, si l'on ne dispose pas d'une longueur suffisante de voie pour obtenir pendant plusieurs heures une valeur convenable du débit, intercaler des résistances réglables, ce qui complique notablement l'opération et réduit encore le temps pendant lequel les essais peuvent être effectués. Ce temps n'est guère que de 2 heures et demie sur la ligne Invalides-Versailles, ce qui ne permet pas de vérifier plus de 1000 m. de voie simple par nuit d'essai. C'est d'ailleurs le gros inconvénient des appareils à joints : ils sont d'un emploi trop long.

Si donc on totalise les frais de courant et de main-d'œuvre, on arrive à une dépense d'environ 7000 fr. pour la vérification d'une ligne de 18 km. comprenant deux voies électriques complètes (avec les deux rails d'alimentation).

Ce chiffre était vraiment trop élevé pour qu'on s'arrêtât à cette solution. Aussi eut-on l'idée, pour procéder plus rapidement, de recourir, la voie étant mise en court-circuit comme précédemment, à la détermination de la résistance totale d'une certaine longueur de rails, par la mesure de la chute de tension et de l'intensité à ses deux

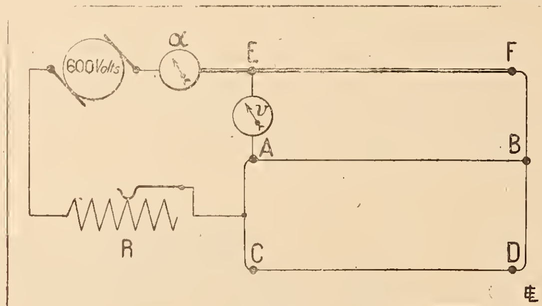


Fig. 1.

extrémités (fig. 1). On en déduisait très facilement, par la connaissance de la résistance ohmique du rail seul et du nombre de joints, la valeur moyenne de ces derniers.

Bien qu'on ne recherche pas ici une grande précision, il y a lieu de remarquer que la résistivité des rails ne peut être connue qu'approximativement et que, d'autre part, l'isolement de la voie de retour joue un rôle important, tout en n'étant lui-même connu que très imparfaitement : les rails de retour présentent, en effet, entre eux des différences de résistance sensibles; de plus, leurs différents degrés d'usure rendent ces écarts encore plus grands. Quant à l'isolement de la voie de retour, par rapport à la terre, il est difficile à préciser et, comme tous les très faibles isolements, il est très mal déterminé. C'est ainsi que, dans le cas qui nous occupe, nous avons pu relever sur la même section de voie, dans la même nuit et à quelques minutes d'intervalle, suivant la nature de la prise de terre (caniveau plein d'eau, conduite d'eau, conduite de gaz), les valeurs respectives suivantes : 11,3; 5,2; 4,3 ohms. Ces chiffres sont en outre variables avec l'état de l'atmosphère, et la section de voie précédente donna à un autre

moment les chiffres suivants : 18,2; 8; 6,5 ohms. Enfin, dans la même journée, de 9 h. à midi, nous avons obtenu sur une même partie de voie des isolements présentant des écarts de 20 pour 100.

Si nous ajoutons maintenant que les quatre rails de roulement sont réunis en parallèle, on voit qu'il est impossible de déterminer avec une approximation quelconque, sous ce voltage d'alimentation élevé, l'intensité qui peut circuler dans un seul rail de retour. Dans ces conditions, il n'est pas besoin d'insister pour condamner cette méthode.

Nous avons, toutefois, pu la modifier utilement de la façon suivante :

Soient AB, CD, KL, MN les quatre rails de roulement que nous réunissons entre eux aux points (A, C, K, M) et (B, D, L, N) et soient EF, GH les deux rails de courant que nous supposons isolés l'un de l'autre (fig. 2).

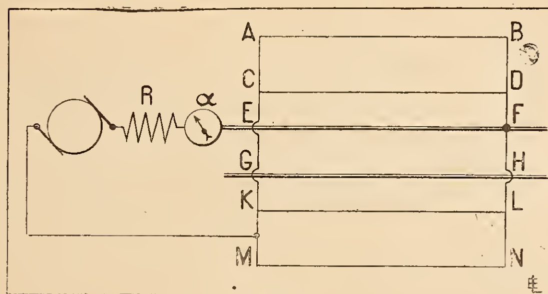


Fig. 2.

Réunissons en F le rail EF avec les quatre rails de roulement et alimentons le circuit E (B, D, F, L, N) (A, C, K, M) au moyen d'une source à bas voltage, en intercalant un ampèremètre et une résistance réglable R.

Réunissons maintenant les points H et F et plaçons un voltmètre entre les points E et G; cet appareil nous indiquera sans erreur appréciable la chute de tension dans le conducteur EF (le rail GH a en effet une très faible résistance, d'environ 0,035 ohm par kilomètre, négligeable devant celle du voltmètre).

Si maintenant nous plaçons le voltmètre entre les points E et M, nous aurons la chute de tension dans le circuit complet.

De ces deux mesures, on déduit facilement les résistances cherchées.

Il y a lieu de remarquer, qu'en procédant de cette façon, on peut négliger les fuites dues à l'isolement de la voie, parce que la différence de potentiel entre le rail de courant et le rail de roulement n'est que de quelques volts.

Cette méthode simple en elle-même nécessite toutefois l'emploi de courant à bas voltage et réclame, en outre, toute une préparation. De plus, l'essai ne peut être fait qu'en dehors des heures de service; et si cela est possible, à la rigueur, sur des voies spécialisées pour la traction électrique, il ne peut en être question que d'une façon tout à fait exceptionnelle sur des lignes parcourues encore par des trains à vapeur après l'arrêt des trains électriques. Enfin la connaissance de la valeur moyenne des joints ne résout pas la question. Il peut se faire (et nous le verrons plus loin) que quelques-uns d'entre eux possèdent, malgré tout, une résistance exagérée et inadmissible.

Comme d'ailleurs la résistance d'isolement de la voie de roulement est toujours très faible, on doit éviter toute valeur très grande des joints en des points déterminés. Cela aurait pour effet d'offrir la terre comme chemin de retour à une notable partie du courant ; d'où danger pour les canalisations avoisinantes et les câbles mêmes de l'entreprise.

Malgré les difficultés que nous venons de signaler, concernant l'emploi de cette méthode, elle fut néanmoins adoptée à différentes reprises. Dans l'un de ces essais, la valeur moyenne des joints étant trop élevée, on en fut réduit, faute de mieux, à procéder au démontage successif de toutes les éclisses, afin de les examiner et de rempacer celles qui étaient mauvaises.

Enfin, dans un dernier essai effectué après un nouvel éclissage de voie, on obtint, pour 4 km. de voie de roulement, une valeur moyenne de 2,60 m. par joint. (Nous donnerons plus loin les valeurs individuelles de ces joints obtenues avec notre nouvel appareil.)

Il faut donc, en définitive, toujours en revenir à l'essai individuel des joints si l'on veut connaître l'état de la voie au point de vue électrique, et en maintenir la résistance dans des limites acceptables. C'est d'ailleurs grâce à un service de vérification parfaitement organisé et qui fonctionne à peu près sans arrêt que le Métropolitain de Paris possède une voie dont les joints ont une faible valeur. Il est toutefois utile de faire remarquer que l'entretien des éclisses y est certainement beaucoup plus facile que sur une ligne de chemin de fer parce que la voie est mieux soutenue, par suite de la nature de la plate-forme. En outre, les convois n'y circulent qu'à des vitesses moins grandes, et les essieux sont fort peu chargés. Enfin, les variations de température sont très peu sensibles au Métropolitain. Il résulte de cette série de circonstances que les éclisses y sont soumises à moins de vibrations, à des chocs moins importants et à des dilatations et contractions peu sensibles.

La préoccupation de la question d'entretien des voies électriques, et la perspective des difficultés

de vérification qu'on rencontrerait plus tard, quand elles auraient atteint leur plein développement, nous amenèrent à entreprendre une étude complète des appareils à joints existants.

Nous allons rappeler brièvement le fonctionnement d'appareils basés sur l'emploi du galvanomètre différentiel ou du pont de Wheatstone.

1° Appareils basés sur l'emploi du galvanomètre différentiel.

Le galvanomètre différentiel est composé de deux circuits identiques quant à leur résistance et à leur action sur l'équipage. Ces deux circuits sont reliés à deux circuits extérieurs parcourus par des courants i et i', les communications étant établies de telle sorte que les courants circulent en sens inverse dans les deux circuits. Les actions de

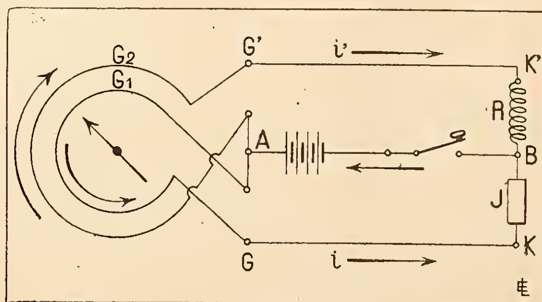


Fig. 3.

ces deux circuits seront G et G′ étant les constantes galvanométriques) Gi et $G'i'$.

L'action résultante ou *différentielle* sera donc

$$Gi—G'i'.$$

Dans les appareils industriels, comme ceux dont nous parlons, on peut toujours admettre que les constantes G et G' sont identiques ; l'équipage sera donc au repos quand on aura

$$Gi=Gi'.$$

c'est-à-dire

$$i=i'.$$

Soit g la résistance commune des deux cadres galvanométriques (fig. 3). Si on les relie respectivement aux deux circuits extérieurs R et J alimentés par la même source de courant E, ils seront parcourus par des intensités i et i' et l'on aura évidemment

$$E = (g + R)i = (g + J)i'.$$

Si J étant constant *on fait varier* R jusqu'à amener le galvanomètre au zéro, on en déduira $i = i'$ et l'on écrira

$$g + R = g + J$$

ou

$$J = R.$$

La réalisation des appareils basés sur ce principe est la suivante :

Un milliampèremètre à enroulements différentiels est enfermé dans une boîte en bois. Le zéro de la graduation est situé au milieu de cette dernière, afin que la lecture puisse se faire quel que soit le sens du courant dans le rail.

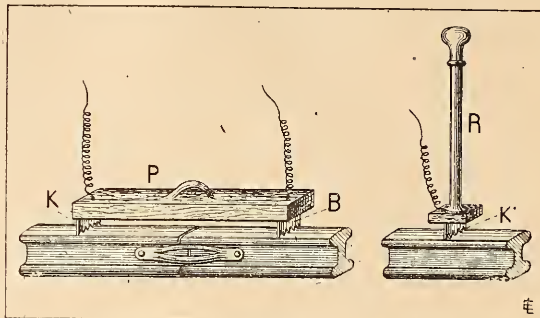


Fig. 4.

Sur une planchette P sont fixés deux contacts K, B en forme de dents de scie embrassant le joint à mesurer et reliés aux deux premières bornes de l'appareil de mesure. Un troisième contact K′, identique aux précédents, fixé au bout d'une canne R et relié à la troisième borne du milliampèremètre, permet de faire varier la distance BK′ sur le rail (fig. 4 et 5).

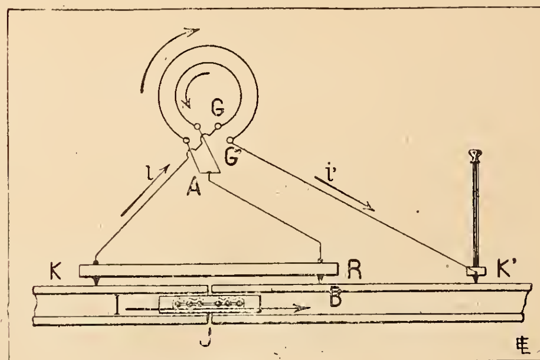


Fig. 5.

Pour faire une mesure, un premier opérateur place la planchette à deux contacts P au-dessus du joint à mesurer, et l'appuie avec ses mains sur le rail : un deuxième opérateur *appuie la canne* R *en différents points du rail* jusqu'à ce que l'équilibre du milliampèremètre soit obtenu. On mesure alors la longueur BK′.

Le rail KBK′ étant parcouru par le courant I, les deux circuits galvanométriques KGAB, BAG′K′ sont parcourus par des courants i et i' en sens inverse (fig. 5). On peut donc écrire, en appelant J

la résistance du joint, R la résistance de la longueur BK′ de rail et g la résistance commune des deux circuits galvanométriques :

$$JI = gi,$$
$$RI = gi',$$

d'où

$$\frac{J}{R} = \frac{i}{i'}$$

Mais quand l'équilibre du galvanomètre est obtenu, c'est qu'on a

$$i = i'.$$

Il en résulte alors

$$J = R.$$

(*A suivre.*)

G. LEBAUPIN,
Chef du Laboratoire électrotechnique des chemins de fer de l'Etat.

LA HOUILLE BLANCHE

L'installation hydro-électrique de Grossotto.

L'installation hydro-électrique de Grossotto tire son nom du pays près duquel s'élève la Centrale; elle est située dans la Valtellina, vallée qui part du lac de Côme et s'étend jusqu'au Stelvio. Elle est la première du programme hydro-électrique de la Municipalité de Milan et fonctionne depuis la fin de 1910.

L'eau est dérivée du fleuve Adda, dans la localité dite « Le Prese », à la cote 948 au-dessus du niveau de la mer, avec une digue de barrage longue d'environ 32 mètres au travers du fleuve. De là l'eau passe dans un premier canal d'environ 150 mètres de parcours et ensuite dans le canal de dérivation. Il existe aussi un bassin de décantation muni d'écluses de manœuvre, de tuyaux de décharge, etc...

Le canal de dérivation s'étend sur la pente gauche de la vallée sur une longueur d'environ 12 kilomètres. Il est construit pour un apport normal de 6.000 litres et maximum de 9.000 litres à la seconde. Pendant huit kilomètres environ il est en galerie et sur le reste du parcours il est construit en maçonnerie et couvert. Il a une section trapézoïdale avec une largeur au fond de 2m,30 pour une hauteur d'eau de 1m,50; sa pente est constante et de 0,12 %.

Après les douze kilomètres de parcours couvert, le canal continue à découvert pendant 240 mètres environ pour porter les eaux à un bassin de réserve et de décantation d'environ 10.000 mètres cubes et qui est en communication avec le bassin de charge. Le bassin de réserve peut être mis hors circuit par une manœuvre appropriée pendant la période où les eaux par leur limpidité n'ont pas besoin de décantation.

Le bassin de charge est divisé en trois puits ou chambres d'où partent trois conduites forcées avec profil rectiligne en plan et profil étagé en élévation (8 plans successifs). Les conduites partent du bassin avec une distance d'axe en axe de 5 mètres environ, pour ensuite se rapprocher subitement et se développer parallèlement avec une distance d'axe en d'axe de 2m,20; près de la centrale elles se séparent de nouveau pour avoir à leur entrée dans les turbines un écartement d'axe en axe de 14 mètres. Chacun des étages est fixé à son extrémité en aval et porte un joint de dilatation à l'extrémité en amont.

La longueur totale de chaque conduite est de 530 mètres; la partie supérieure est constituée par des anneaux de 1m,50 de longueur soudés longitudinalement et transversalement, en tôle d'épaisseur variant entre 6 et 16 millimètres; la partie inférieure est constituée de tronçons de 6 mètres de long soudés longitudinalement et rivetés transversalement, en tôle d'épaisseur variant entre 15 et 25 millimètres. Leur diamètre à la sortie du bassin est de 1m,50 et à l'arrivée à la centrale de 1m,10. Elles sont munies de tubes d'aspiration près du bassin de charge, de trous d'homme et reposent sur des supports placés à 6 mètres de distance. La chute est de 323 mètres; la perte de charge étant de 5 mètres, la hauteur de chute utile sur l'axe des turbines est de 318 mètres.

Sur la gauche des conduites forcées et parallèlement s'étend le tuyautage de décharge en tôle d'acier qui recueille les eaux qui sortent des bassins de réserve et de charge, et les envoie dans le fleuve Adda. Ce tuyautage a 0m,80 de diamètre, huit joints de dilatation, des trous d'homme

*

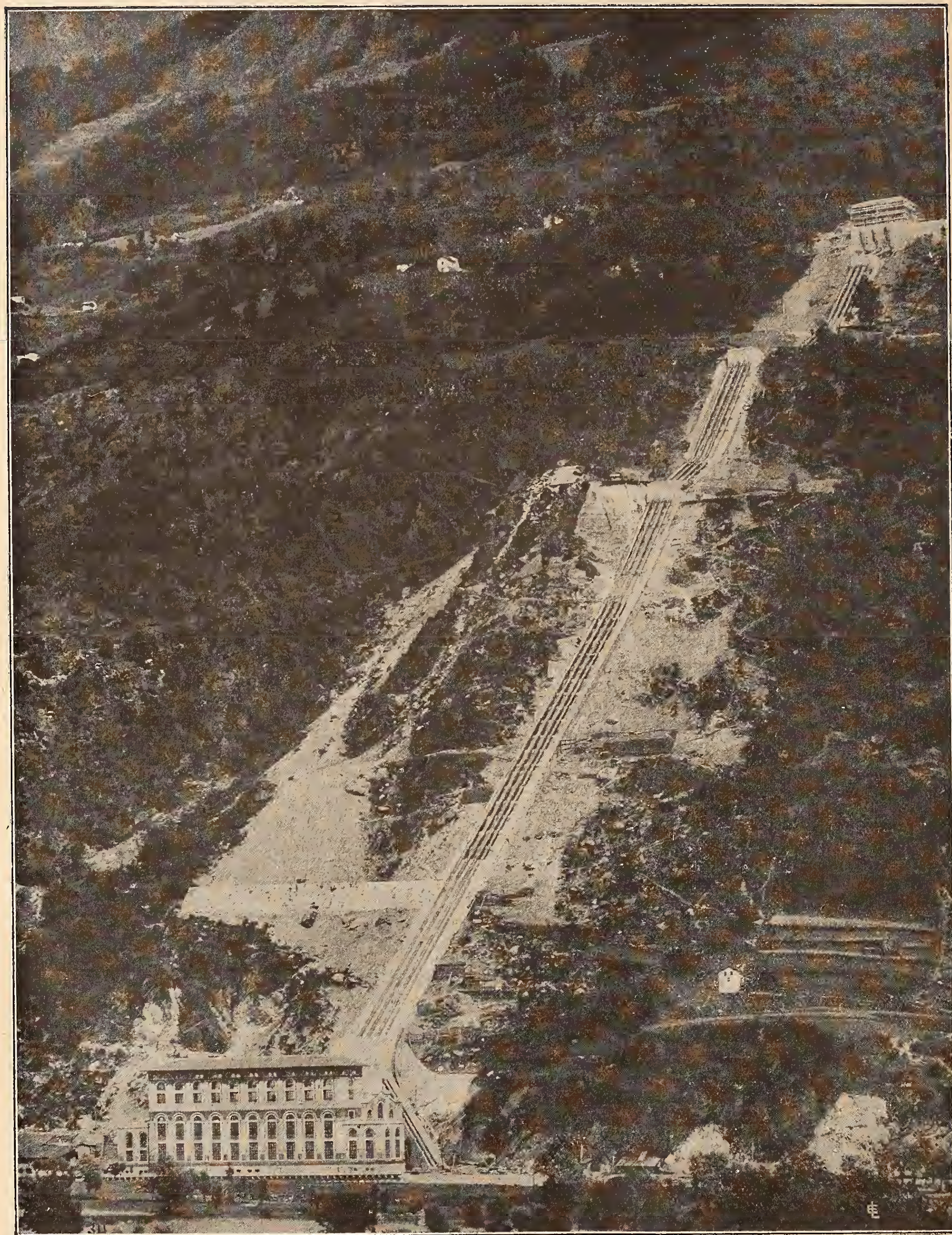


Fig. 1. — Vue d'ensemble de l'installation hydro-électrique de Grossotto.

et des soupapes automatiques de rentrée d'air.

Chacun des trois tuyautages de charge aboutit, par l'intermédiaire d'une vanne à manœuvre hydraulique, à une turbine Pelton à action à double tuyère d'une puissance d'environ 12.000 HP à 315 tours. Les deux turbines pour les excitatrices d'une puissance d'environ 480 HP à 630 tours,

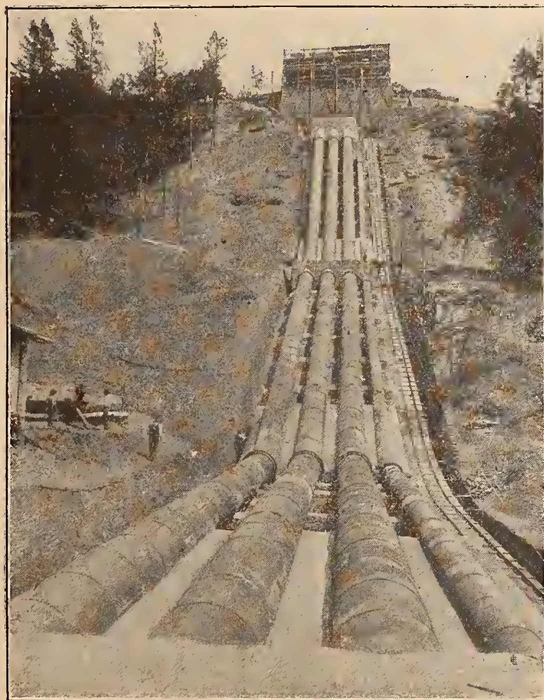


Fig. 2. — Détail d'un coude des conduites forcées.

sont reliées à deux des trois tuyautages principaux au moyen d'une conduite de dérivation.

L'énergie électrique produite par cette centrale est envoyée à Milan par une ligne d'environ 150 kilomètres, à 65.000 volts, qui au col de Mortirolo se trouve à 1910 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Après cette installation la Municipalité de Milan a construit pendant la guerre et dans la zone des opérations l'installation de « Boscaccia nuova », située en amont de celle de Grossotto, près du pays de Grosia ; elle comporte une conduite en tôle d'acier rivée d'un diamètre variant entre $0^m,85$ et $0^m,70$, de 305 mètres de long ; la hauteur de chute est de 147 mètres.

Tout le matériel hydraulique de ces installations, à l'exception des turbines, a été fourni et mis en place par la société italienne « Tubi Togni » de Brescia.

M. G.

UN TÉLÉPHONE SECRET par amplificateurs.

++++++

Trouver, pendant la guerre, un téléphone secret aurait été une invention intéressante. Le téléphone ordinaire, même à fil de retour, était en effet décelé à distance par des prises de terre espacées et reliées à un amplificateur à trois lampes ; ceci aussi bien de notre côté que chez nos adversaires. Le Fullerphone ou buzzerphone étaient réellement secrets en ce qui concerne les signaux télégraphiques, mais les adaptations téléphoniques étaient décelées comme les simples téléphones.

Il aurait semblé que la radio-téléphonie pût justement fournir la solution de problème, mais pour les mêmes raisons que précédemment, elle devait être écartée.

Une solution élégante s'offrait à l'esprit ; on pouvait utiliser un système radio-téléphonique relié d'une part à un fil de ligne et d'autre part à la terre, mais il était essentiel que les courants passant dans cette ligne soient assez faibles, pour qu'il soit impossible de les déceler normalement.

Quelque temps avant la fin de la guerre des essais furent effectués dans ce sens (1), et on obtint des résultats très satisfaisants.

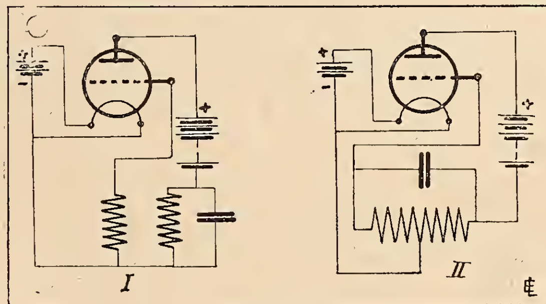


Fig. 1.

Le principe de l'appareil reposait sur la génération d'ondes entretenues par des tubes à vide à trois électrodes. On sait que dans le montage I (fig. 1), si on allume la lampe, un courant passe dans le circuit filament-plaque et amorce des oscillations amorties dans le circuit oscillant ; mais si la self du circuit oscillant est assez rapprochée de la self placée dans le circuit filament-grille, il y a induction d'une force électro-motrice qui fait varier le potentiel de la grille. Pour certains couplages, l'apport d'énergie, dû au fonctionnement en soupape de la grille, est tel qu'il compense

(1). En collaboration avec le lieutenant Bailly du 8e génie.

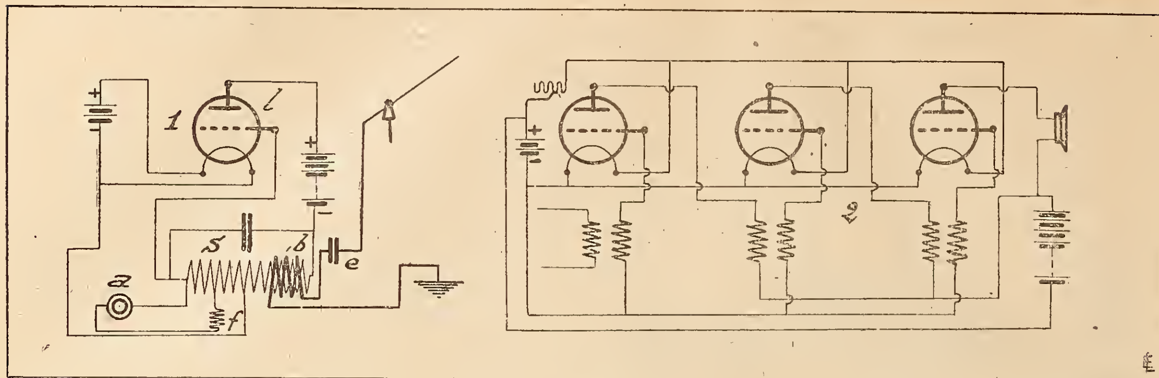


Fig. 2.

exactement les pertes du circuit oscillant. Celui-ci est alors le siège d'ondes entretenues.

On a réalisé ainsi des transmetteurs radiotélégraphiques et radio-téléphoniques. Le schéma II est le type qui fut employé dans les essais ; le couplage est réalisé ici par capacité.

Les conditions que devaient remplir l'appareil étaient au point de vue pratique :

— Encombrement réduit ;

— Transport facile ;

— Maniement commode (il devait pouvoi rêtre mis entre les mains de soldats non spécialistes) ;

— Sécurité de fonctionnement ;

— Robustesse (il devait pouvoir être utilisé en première ligne).

On chercha alors à transformer l'amplificateur existant aux armées. Il nous sembla en effet que cet amplificateur étant déjà employé en première ligne (T. P. S. et postes d'écoute), il n'y avait pas lieu de créer un nouvel organe.

Le problème se présentait ainsi : garder l'amplificateur 2 (fig. 2) tel que pour la réception, et le combiner avec un dispositif émetteur d'ondes entretenues pour la transmission. Le dispositif émetteur auquel on s'arrêta est représenté en 1 (fig. 2). Le microphone *a* était monté en dérivation sur quelques spires du circuit oscillant et produisait ainsi des variations d'amplitudes. Ce microphone pouvait être quelconque, puisqu'il était traversé par des courants très faibles.

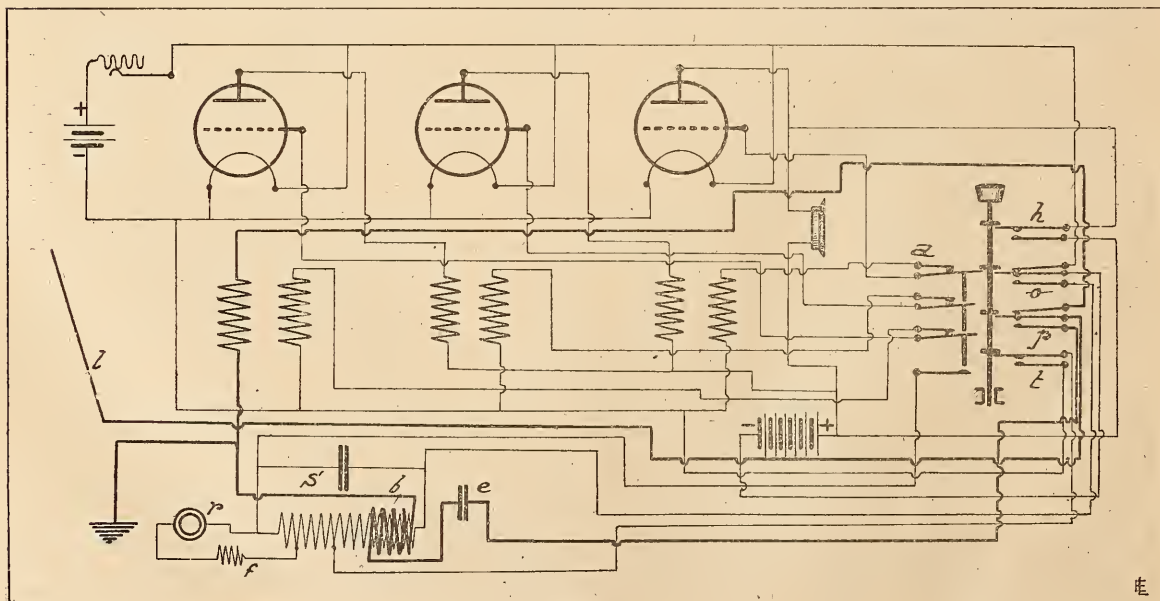


Fig. 3.

La figure 3 représente l'appareil complet (transmetteur-récepteur) tel qu'il fut présenté aux essais.

Un bouton *a* situé sur la droite de l'appareil effectuait les connexions nécessaires. Au repos le montage était celui de réception (amplificateur ordinaire); dans la position basse, on réalisait le montage 1 de la figure 2, mais avec trois lampes. Les clefs *p* orientaient la ligne soit sur le premier transformateur, soit sur le système inducteur de transmission *b*, *c*.

Les organes supplémentaires, bobines de couplage, de self, condensateurs, étaient logés directement dans la boîte, entre les lampes.

A la transmission, on obtenait un courant très faible dans le circuit oscillant, à cause des dimensions des organes et de la présence d'une partie des enroulements des transformateurs. Ce courant pouvait être diminué à l'aide du rhéostat de chauffage des filaments; c'était d'ailleurs le seul réglage à effectuer. La longueur d'onde était d'environ 1.500 mètres.

Lors des essais, on employa successivement une ligne de campagne peu isolée et une ligne montée sur poteaux (longueur 3 km.) avec retour par la terre. Il fut impossible d'entendre le moindre bruit en utilisant comme organe d'écoute deux prises de terre distantes de 150 à 300 mètres et reliées à un amplificateur à trois étages. Les prises de terre furent mises directement sous la ligne et on employa même l'une des prises de terre du poste transmetteur sans entendre le moindre bruissement.

La transmission d'un poste à l'autre paraissait trop puissante et il fut nécessaire de réduire le courant dans le circuit oscillant.

La fin de la guerre nous empêcha de parfaire la mise au point de l'appareil, en particulier en ce qui concerne l'amorçage de quelques ondes entretenues parasites et l'appel.

Notons que le principe pourrait servir à construire un appareil réduit de transmission radiotéléphonique.

P. MAURER.

La surexcitation des Moteurs synchrones.

Un problème qui présente un réel intérêt au point de vue pratique, en montrant comment on peut améliorer le facteur de puissance d'un réseau alternatif par l'emploi de moteurs synchrones, a été donné au certificat d'électrotechnique générale établi en 1919 par l'Université de Paris. Nous donnons la solution de ce problème très important pour l'industrie électrique.

On considère un transport d'énergie par courant alternatif simple sous une tension à l'arrivée U_1, le courant utilisé par les appareils de réception étant I_1 et le facteur de puissance $\cos \varphi_1$. On connaît la résistance R et la réactance $L\omega$ de la ligne.

1° Calculer la valeur de la tension au départ U, le rapport $\frac{U}{U_1}$ et le facteur de puissance $\cos \varphi$ aux bornes de départ. Comme cas particuliers, indiquer quelle condition doit exister entre les données pour que le facteur de puissance reste le même à l'arrivée et au départ.

2° Reprenant le cas général, on adjoint à l'arrivée un moteur synchrone surexcité et fournissant un courant réactif I_2. Calculer le nouveau courant de ligne I'_1, le nouveau facteur de puissance $\cos \varphi'_1$ de l'ensemble des appareils à l'arrivée (c'est-à-dire y compris le moteur); en déduire les nouvelles valeurs U' et $\cos \varphi'$ de la tension et du facteur de puissance au départ. Donner la capacité du condensateur qui pourrait être substitué au moteur synchrone.

3° Déterminer I_2 de manière que l'un des deux facteurs de puissance (à l'arrivée ou au départ) soit égal à l'unité, et, dans chaque cas, calculer les valeurs de la tension au départ, du courant de ligne et du second facteur de puissance.

4° Déterminer I_2 de manière que la tension ait la même valeur efficace au départ et à l'arrivée et, dans ce cas, calculer le courant de ligne et le facteur de puissance au départ.

Dans toutes les parties de ce problème, on pourra employer soit la méthode algébrique, soit la méthode graphique, soit l'une et l'autre.

Application numérique : $U_1 = 10.000$ *volts*; $I_1 = 100$ *ampères*; $\varphi_1 = 15°$; $R = L\omega = 14$ *ohms*; $I_2 = 40$ *ampères*; *fréquence* $= 50$ *périodes par seconde*.

Les applications numériques devront être contrôlées par des diagrammes réalisés à une échelle convenable.

1° Prenons pour origine des phases la phase de la tension U_1 à l'arrivée et représentons cette tension

par le vecteur OA = U_1 (fig. 1). La chute ohmique RI_1 sera représentée par le vecteur AB = RI_1, en retard de φ_1 sur OA; le terme $L\omega I_1$ sera représenté par le vecteur BC = $L\omega I_1$ en avance de 90° sur le précédent. La tension au départ U sera représentée par le vecteur OC, résultant des trois précédents. Le retard φ du courant sur la tension au départ est mesuré par l'angle COD.

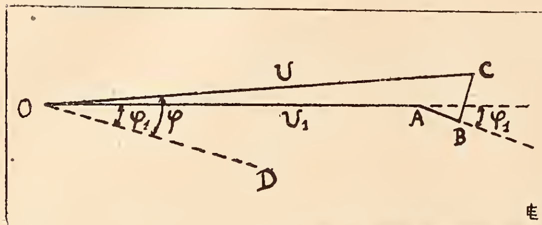


Fig. 1.

Calculons U et φ. Déterminons d'abord la résistance r et la réactance s d'une bobine fictive qui produirait les mêmes effets que les appareils de réception. On a, pour définir r et s, les deux équations :

$$I_1 = \frac{U_1}{\sqrt{r^2 + s^2}}, \quad tg\,\varphi_1 = \frac{s}{r}$$

d'où $$r = \frac{U_1}{I_1} \cos\varphi_1, \quad s = \frac{U_1}{I_1} \sin\varphi_1.$$

Tout se passe donc comme si on avait, entre les deux bornes de départ, une résistance totale :

$$R + \frac{U_1}{I_1} \cos\varphi_1,$$

et une réactance totale :

$$L\,\omega + \frac{U_1}{I_1} \sin\varphi_1.$$

La formule d'Ohm appliquée aux courants alternatifs, donne immédiatement :

$$U = I_1 \sqrt{\left(R + \frac{U_1}{I_1}\cos\varphi_1\right)^2 + \left(L\,\omega + \frac{U_1}{I_1}\sin\varphi_1\right)^2},$$

$$U = \sqrt{(R^2 + L^2\omega^2)\,I_1^2 + 2(R\cos\varphi_1 + L\omega\sin\varphi_1)U_1 I_1 + U_1^2)}$$

(1)

$$tg\,\varphi = \frac{L\,\omega + \frac{U_1}{I_1}\sin\varphi_1}{R + \frac{U_1}{I_1}\cos\varphi_1}$$

(2)

On a d'ailleurs :

$$\text{Sin}\,\varphi_1 = \sin 15^\circ = \sin(45^\circ - 30^\circ) = \frac{1}{4}(\sqrt{6} - \sqrt{2}),$$

$$\text{Cos}\,\varphi_1 = \cos 15^\circ = \cos(45^\circ - 30^\circ) = \frac{1}{4}(\sqrt{6} + \sqrt{2}).$$

En substituant dans les deux formules précédentes, on trouve :

$$U = 11.756 \text{ volts}, \quad tg\varphi = \frac{159{,}53}{442{,}37},$$

$$\text{Cos}\,\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + tg^2\varphi}} = 0{,}940, \quad \varphi = 19^\circ 57',$$

$$\frac{U}{U_1} = 1{,}1756.$$

Ces chiffres sont contrôlés par la figure 1 qui a été tracée à l'échelle.

Pour que le facteur de puissance reste le même à l'arrivée qu'au départ, il faut que $tg\varphi = tg\varphi_1$, c'est-à-dire, à cause de (2),

$$\frac{L\omega + \frac{U_1}{I_1} - \sin\varphi_1}{R + \frac{U_1}{I_1}\cos\varphi_1} = \frac{\sin\varphi_1}{\cos\varphi_1}$$

soit, en développant les calculs :

$$\frac{L\omega}{R} = tg\,\varphi_1.$$

Cette dernière condition exprime tout simplement que le décalage dû à la ligne de transmission doit être égal au décalage occasionné par les appareils récepteurs. Cette condition est presque évidente *a priori.*

2° Nous supposons que le moteur synchrone est branché en dérivation sur les appareils de réception. Le courant I_2 qu'il fournit étant purement réactif, nous portons (fig. 2) le vecteur OI_2 = 40A, faisant un angle de 90° avec U_1. Le nouveau courant de ligne I'_1 est la résultante de I_1 et de I_2. La figure 2, construite à l'échelle, montre que I'_1 est décalé *en avant* de la tension U_1.

Le calcul va conduire à la même conclusion. Dans le triangle OI'_1I_1 on a, en remarquant que l'angle en I_1 vaut 75°,

$$I'^2_1 = I_1^2 + I^2_2 - 2\,I_1\,I_2 \cos 75^\circ,$$

$$I'^2_1 = 10.000 + 1.600 - 2 \times 100 \times 40 \times \frac{1}{4}(\sqrt{6} - \sqrt{2})$$

$$I'^2_1 = 9.529{,}4, \quad I'_1 = 97{,}6 \text{ ampères}.$$

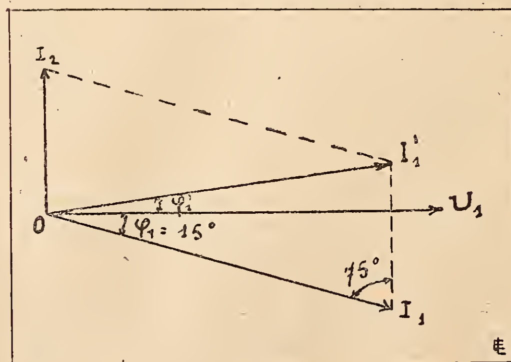


Fig. 2.

On a :

$$\frac{\text{Sin } I_1OI'_1}{40} = \frac{\text{Sin } 75^o}{97,6}$$

$$\text{Sin } I_1OI'_1 = \frac{1}{4}(\sqrt{6} + \sqrt{2}) \times \frac{40}{97,6} = \frac{38,637}{97,6},$$

$I_1OI'_1 = 23^o19'$, $\varphi'_1 = 23^o19' - 15^o = 8^o19'$.

Le nouveau facteur de puissance à l'arrivée est : $\cos \varphi'_1 = \cos 8^o19' = 0,9895$.

Pour trouver les nouvelles valeurs de U′ et de $\cos \varphi'$ au départ, il suffit de remplacer, dans les formules (1) et (2), I_1 par I'_1 et φ_1 par $- \varphi'_1$. Comme $\sin \varphi'_1 = 0,1446$, il vient, tous calculs faits : $U' = 11.261$ volts.

On voit que la tension au départ a baissé de $U - U' = 495$ volts.

$$tg\varphi' = \frac{14 \times 97,6 - 10.000 \times 0,1446}{14 \times 97,6 + 10.000 \times 0,9895} = -\frac{79,6}{11.261,4}$$

On en déduit $\varphi' = - 24' 20''$. Le courant est donc très légèrement décalé *en avant* de la tension à l'arrivée. On a $\cos \varphi' = 0,99997$; autrement dit, le facteur de puissance au départ est pratiquement égal à l'unité.

La capacité C du condensateur, qui pourrait être substitué au moteur synchrone, est donnée par l'équation classique :

$$I_2 = U_1 C\omega, \quad C = \frac{I_2}{U_1 \omega}$$

$$C = \frac{40}{10.000 \times 2\pi \times 50} \text{ farads,}$$

Soit :

$$\frac{40}{\pi} = 12,73 \text{ microfarads.}$$

3° Déterminons d'abord le courant I_2 du moteur synchrone pour que le facteur de puissance à l'arrivée soit égal à l'unité. Il faut évidemment, d'après la figure 2, que le vecteur OI'_1 vienne s'appliquer sur la droite OU_1, ce qui donne :

$$I_2 = I_1 \sin 15^o = \frac{100}{4}(\sqrt{6} - \sqrt{2}) = 25,88 \text{ A.}$$

La même figure montre qu'alors le courant de ligne vaut :

$$I'_1 = I_1 \cos 15^o = \frac{100}{4}(\sqrt{6} + \sqrt{2}) = 96,59 \text{ A.}$$

La tension au départ s'obtient en faisant $\varphi_1 = 0$ dans (1) et en y remplaçant I_1 par 96,59, ce qui donne, tous calculs faits, $U = 11.433$ volts.

Le facteur de puissance au départ s'obtient en faisant $\varphi_1 = 0$ dans (2) :

$$tg\,\varphi = \frac{14 \times 96,59}{14 \times 96,59 + 10.000}, \text{ d'où } \varphi = 6^o18'.$$

Déterminons maintenant le courant I_2 du moteur synchrone de manière que le facteur de puissance au départ soit égal à l'unité.

Pour cela, cherchons d'abord le lieu de l'extrémité C du vecteur U lorsque I_2 varie. Puisque les appareils de réception, autres que le moteur synchrone, absorbent, toujours par hypothèse, le même courant I_1 avec le même décalage de 15° sur U_1, si l'on désigne par AD (fig. 3) la projection

Fig. 3.

sur U_1 du vecteur RI_1, l'extrémité B du vecteur RI'_1, résultante de RI_1 et de RI_2, décrira la droite fixe Dz perpendiculaire à U_1. On a

$$AD = RI_1 \cos 15^o.$$

D'autre part, $BC = L\omega I'_1$ est perpendiculaire et égal à $AB = RI'_1$, puisque, par hypothèse, $R = L\omega$. Nous sommes donc ramenés au problème suivant de géométrie. *Etant donné un triangle rectangle isocèle ABC, dont un sommet A reste fixe, dont le second sommet B décrit une droite fixe Dz, quel est le lieu décrit par le troisième sommet C ?* On voit immédiatement que c'est la droite indéfinie FG telle que DF = DG = AD. En effet, appelons C le point d'intersection avec GF de la perpendiculaire à AB menée par le point B. Le triangle AFG est manifestement isocèle et rectangle en F. L'angle CFA est donc droit et si on trace le demi-cercle de diamètre AC, les points B et F sont sur ce demi-cercle. Par suite, ACB = AFB = 45° ; le triangle ABC, qui est rectangle en B, est isocèle. C'est donc bien le triangle ayant pour côtés RI'_1 et $L\omega I'_1$. Le point C se trouvant sur la droite *fixe* FG, la décrit.

Il nous faut maintenant chercher le point C tel que OC soit parallèle à AB, afin que U soit en phase avec le courant de ligne. Prenons pour inconnue l'angle de décalage α de ce courant I'_1 par rapport à U_1.

Posons $AD = RI_1 \cos 15^o = a$. On a (fig. 4)

$$AB = BC = \frac{a}{\cos \alpha}, \quad AC = \frac{a\sqrt{2}}{\cos \alpha}.$$

Le triangle OAC donne :

$$\frac{\sin \alpha}{AC} = \frac{\sin 45^o}{U_1} \quad \text{ou} \quad \frac{\sin \alpha \cos \alpha}{a\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2U_1},$$

$$\sin 2\alpha = \frac{2a}{U_1} = \frac{2RI_1 \cos 15^o}{U_1},$$

$$\sin 2\alpha = \frac{28 \times 100\,(\sqrt{6} + \sqrt{2})}{4 \times 10.000}$$

$$2\alpha = 15^o 42', \qquad \alpha = 7^o 51'.$$

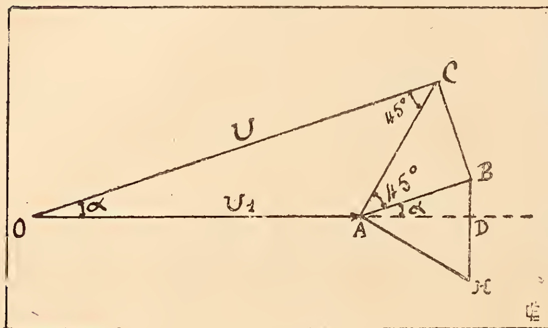


Fig. 4.

Le facteur de puissance à l'arrivée est $\cos \alpha = 0{,}9906$, le courant de ligne I'_1 étant décalé *en avant* de U_1.

Le triangle ABH, dans lequel on divise lés côtés par R, donne :

$$I_2 = I_1 \frac{\text{Sin BAH}}{\text{Sin ABH}} = 100 \times \frac{\text{Sin } 22^o 5'}{\text{Sin } 82^o 9'} = 39{,}2\text{A}.$$

Le courant de ligne I'_1 est donné par la relation :

$$I'_1 = I_1 \frac{\text{Sin AHB}}{\text{Sin ABH}} = 100 \times \frac{\text{Sin } 75^o}{\text{Sin } 82^o 9'} = 97{,}5 \text{ A}.$$

Pour avoir la tension au départ, on remplace, dans la formule (1), I_1 par 97,5 et φ_1 par $-\alpha$. Comme $\sin \alpha = 0{,}1366$, il vient, tous calculs faits :

$$U = 11.271 \text{ volts}.$$

Toutes ces conditions sont, comme on le voit, extrêmement voisines du cas de $I_2 = 40$A examiné au 2°.

4° La méthode graphique se prête d'une manière particulièrement simple à la résolution de la dernière partie. Les points de fonctionnement C_1 et C_2 (fig. 5) sont les points d'intersection de la droite FG déterminée plus haut et du cercle ayant le point O pour centre et $OA = U_1$ pour rayon. On détermine les points B_1 et B_2 en construisant les angles C_1AB_1 et C_2AB_2 égaux à 45°.

On mesure sur l'épure $B_1AD = 54^o$. Pour trouver I_2 on a l'équation :

$$\frac{I_2}{\text{Sin } 69^o} = \frac{100}{\text{Sin } 36^o}, \text{ d'où } I_2 = 159 \text{ A}.$$

Le courant de ligne I'_1 est donné par l'équation :

$$\frac{I'_1}{\text{Sin } 75^o} = \frac{100}{\text{Sin } 36^o}, \text{ d'où } I'_1 = 164 \text{ A}.$$

Comme l'angle C_1OA vaut 19° environ, on voit

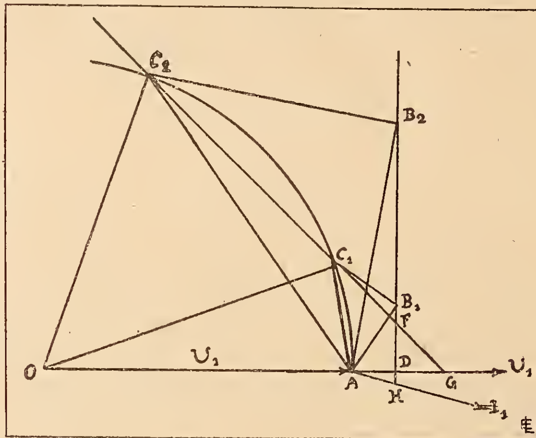


Fig. 5.

que le courant de ligne est décalé *en avant* de 54 — — 19 = 35° par rapport à la tension au départ. Le facteur de puissance au départ est cos 35° = 0,82.

Pour la seconde solution, on mesure sur l'épure $B_2AD = 80^o$ environ. Le courant I_2 correspondant est :

$$I_2 = 100 \frac{\text{Sin } 95^o}{\text{Sin } 10^o} = 574 \text{ A}.$$

Le courant de ligne correspondant est :

$$I'_1 = 100 \times \frac{\text{Sin } 75^o}{\text{Sin } 10^o} = 556 \text{ A}.$$

Comme l'angle C_2OA vaut 70° environ, on voit que le courant de ligne est décalé *en avant* de 80 — — 70 = 10° par rapport à la tensio nau départ. Le facteur de puissance au départ est cos 10° = 0,985.

Solution algébrique. — Prenons pour inconnue $BAD = \alpha$. Les angles à la base du triangle isocèle OAC ont pour valeur commune $\frac{3\pi}{4} - \alpha$, l'angle au sommet est $2\alpha - \frac{\pi}{2}$. En posant, comme précédemment, $a = RI_1 \cos 15^o$, on a $AC = \frac{a\sqrt{2}}{\cos \alpha}$. Le triangle isocèle OAC donne :

$$U_1 \cos\left(\frac{3\pi}{4} - \alpha\right) = \frac{1}{2}\frac{a\sqrt{2}}{\cos \alpha}$$

et en développant,

$$(\text{Sin}\ \alpha - \cos \alpha) \cos \alpha = \frac{a}{U_1},$$

$$\text{Sin}\ 2\alpha - \cos 2\alpha = 1 + \frac{2a}{U_1} = 1{,}270459,$$

équation de la forme classique $a \sin x + b \cos x = e$.

En résolvant à la manière habituelle, il vient

$$\text{Sin}\left(2\alpha - \frac{\pi}{4}\right) = 1{,}270459 \times \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$2\alpha - \frac{\pi}{4} = 2k\pi + 63^o\ 56',$$

$$2\alpha - \frac{\pi}{4} = (2k + 1)\ \pi - 63^o\ 56';$$

on en tire $\alpha_1 = 54^o\ 28'$ et $\alpha_2 = 80^o\ 32'$.

La construction graphique nous avait donné les nombres très voisins 54° et 80°.

A. Tétrel,
Ingénieur E. S. E.

CHRONIQUE -- INFORMATIONS

APPAREIL DE MESURE DIRECTE DE L'INTENSITÉ LUMINEUSE moyenne sphérique d'une source lumineuse (1).

La détermination de l'intensité lumineuse moyenne sphérique d'une source de lumière peut se faire : 1° au moyen de calculs ou de graphiques quand on connaît la valeur des intensités lumineuses dans les diverses directions en employant un des types usuels de photomètres; 2° directement avec l'aide d'appareils spéciaux intégrateurs parmi lesquels les plus connus sont le photomètre à sphère de Ulbricht, le lumenmètre de Blondel et le photomètre Kruss. Cependant le premier de ces procédés est trop long et trop laborieux tant au point de vue expérimental (étant donné le nombre de mesures qu'il faut faire), qu'au point de vue graphique proprement dit. Il a été rendu un peu facile à la suite de l'observation suivante (Strache, 1911) : si l'on suppose *a priori* que le solide photométrique soit de rotation et d'allure plutôt régulière, l'intensité lumineuse moyenne sphérique peut s'obtenir simplement en faisant la moyenne arithlétique des intensités dans un certain nombre de directions choisies de manière à correspondre à des angles solides d'émission de lumière d'égale amplitude. Il suffit, en général, que le nombre de ces directions soit de 20.

Quant aux autres procédés directs que nous avons énumérés, ils sont difficilement applicables à des lampes de dimensions considérables et nécessitent des dépenses d'installation relativement fortes.

Un nouvel appareil plus simple a été imaginé par l'auteur; il est basé sur l'observation que nous venons d'énoncer et consiste (fig. 1) en une couronne k de petites surfaces réfléchissantes blanches P, dont les centres sont placés dans un même plan vertical (contenant la lampe L) et à égale distance du centre lumineux de L dont on veut mesurer l'intensité lumineuse moyenne sphérique. Les surfaces P sont orientées de façon à être toutes tangentes à une surface conique ayant pour axe l'horizontal OX et dont le demi-angle au sommet est de 45°. Si l'on imagine que tout l'appareil, à l'exception des surfaces P, soit noirci et que l'on place devant la lampe un écran S vertical et normal à OX, de grandeur suffisante, les points situés sur le prolongement de l'axe O X au-delà de S ne recevront

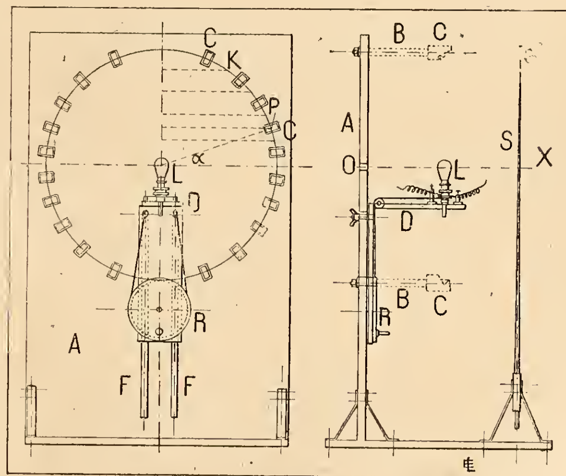


fig. 1.

(1) D'après The *Electricien*.

de lumière que des surfaces P (à condition que ces points ne soient pas trop près de l'écran). Puisque ces surfaces sont toutes égales, la lumière que chacune d'elles envoie à ces points de l'axe OX prolongé, est proportionnelle à celle qu'elle reçoit de la lampe L, c'est-à-dire à l'intensité lumineuse de la lampe L dans la direction obtenue en unissant L au centre de la surface ; en d'autres termes les points situés sur l'axe OX, au-delà de l'écran, recevront une quantité de lumière proportionnelle à la somme des intensités lumineuses de la lampe dans les directions comme L P. Si maintenant nous disposons les surfaces P non équidistantes, mais correspondant aux angles solides d'émission de lumière d'égale amplitude, la quantité de lumière reçue par les points de l'axe OX prolongé sera évidemment proportionnelle à l'intensité lumineuse moyenne sphérique de la lampe. Dans le cas de 40 surfaces comme P disposées 20 d'un côté de l'axe vertical de la lampe, 20 de l'autre, les angles en question seraient de : ± 2°8 ; ± 8°6 ; ± 14°5 ; ± 20°5 ; ±26°7 ; ± 33°4 ; ± 40 5 ; ± 48°6 ; ± 58°2 ; ± 71°8.

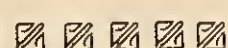
Il suffira donc de placer l'appareil de façon que l'axe OX soit sur le prolongement de l'axe d'un banc usuel photométrique et de déterminer comme d'habitude l'intensité lumineuse virtuelle de l'ensemble des surfaces P. Cette intensité sera proportionnelle à l'intensité moyenne sphérique cherchée de L. La constante de proportionnalité qui dépend surtout des dimensions des surfaces P, de leur nombre, du rayon du cercle vertical constitué par les centres des surfaces et de la nature des surfaces, peut se déterminer expérimentalement en photométrant une lampe dont on connaît déjà l'intensité lumineuse moyenne sphérique ; elle varie légèrement avec la distance entre le système des surfaces P et le photomètre.

Les mesures faites ont permis de vérifier la bonne approximation que l'appareil permet d'obtenir.

M. G.

LES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES AU JAPON

Nous relevons d'une publication officielle japonaise que, de 1903 à 1916, le nombre des entreprises électriques a passé de 81 à 472, dont les trois quarts ont des installations hydroélectriques. Dans la même période, la puissance installée a passé de 44 à 800 000 kw.



LES EXPOSITIONS INDUSTRIELLES

Abus ou insuffisance ?

Il existe un Comité français des Expositions, institution privée, et une Direction des expositions est attachée au ministère du Commerce. Ces deux organismes viennent de rappeler leur existence par une communication dont nous extrayons les passages suivants :

L'ABUS DES EXPOSITIONS

Le Comité français des expositions dont le siège est 42, rue du Louvre, a adressé récemment au Ministre du Commerce la lettre suivante :

Monsieur le Ministre,

Notre Comité se préoccupe très vivement, depuis quelque temps déjà, du nombre considérable d'entreprises, d'expositions spéciales, de foires, de concours temporaires, etc., qui se forment de toutes parts, non seulement à l'étranger, mais en France également.

Ces entreprises dont les promoteurs ne paraissent pas toujours avoir la compétence en cette matière aussi spéciale que délicate, ni la surface nécessaire pour garantir qu'elles seront menées à bien, constituent des comités spéciaux, font de la publicité et de la réclame, et sollicitent les industriels par de nombreuses démarches et des circulaires réitérées.

Devant la multiplicité de ces sollicitations, les industriels se trouvent véritablement désorientés et nous saisissent de leurs plaintes.

Depuis trente ans, les fabricants français qui ont l'habitude de suivre les expositions officielles ou officieusement reconnues, apprécient la sécurité avec laquelle le Comité français des Expositions procède à ces organisations, assisté de ses Comités affiliés de l'Agriculture, de l'Economie sociale, des Colonies et des Sports, qui répondent à tous les besoins. Ils ne comprennent plus aujourd'hui que d'autres Comités se créent sur tous les points du territoire pour des entreprises temporaires sans recourir au contrôle préalable du Ministère du Commerce et de la Direction des expositions.

Il se produit ainsi une confusion très regrettable entre les expositions sérieuses et celles qui paraissent être montées surtout en vue de procurer des avantages particuliers à leurs promoteurs.

Mais, de l'incompétence de ceux-ci ou de l'insuffisance de leurs moyens, peut-être même de leur honorabilité, il serait à craindre que certaines de ces manifestations sombrent lamentablement ; leurs participants seraient ainsi entraînés à des pertes importantes, et il en résulterait un discrédit général et fâcheux sur l'ensemble des expositions, et, par répercussion, sur celles que le gouvernement prendrait sous son patronage et organiserait d'accord avec notre Comité.

Nous croyons donc devoir attirer tout spécialement votre attention sur les faits qui précèdent.

En effet, nous considérons que le rôle de la Direction des expositions est de veiller à la moralisation de ces manifestations, qu'elle doit exiger d'elles les plus sérieuses garanties financières et autres, et, si besoin est, opposer son veto à toute entreprise qui pourrait lui paraître douteuse.

Notre comité, qui est sous le contrôle du Ministère du commerce, et auquel celui-ci renvoie pour avis l'examen des expositions qui lui sont signalées, reste, — je n'ai pas besoin de vous le répéter ici à nouveau, — en complet accord avec votre administration, et entièrement à sa disposition pour procéder à l'examen et aux enquêtes nécessaires sur les entreprises qui vous seraient signalées, de même qu'il ne manquera pas de vous faire connaître toutes celles qui pourraient lui être soumises directement, ou dont il viendrait à avoir connaissance par les moyens personnels dont il peut disposer.

Veuillez agréer, Monsieur le Ministre, les assurances de ma haute considération.

Le président : Emile Dupont.

Les industriels qui seraient sollicités de prendre part à une exposition agiraient en tous les cas sagement en se renseignant, préalablement à toute adhésion, auprès du Comité français des expositions et de la direction des expositions au Ministère du Commerce.

Nous devons reconnaître impartialement que le Comité ne nous a en effet convié à aucune exposition officielle depuis la fin de la guerre, alors que certaines organisations privées ont eu des manifestations d'activité assez réussies. D'autre part, comme nous l'avons déjà indiqué (1), de nombreuses expositions ou *Foires* ont été organisées depuis le début de 1920 dans les différents pays d'Europe, la plupart avec plein succès (Londres, Koenigsberg, Liepzig, Utrecht, Turin, Bâle, etc...)

La lettre ci-dessous d'un de nos abonnés expose quelques-unes des raisons qui militeraient en faveur d'une exposition spéciale et périodique des industries électriques :

LES ENQUÊTES DE « L'ELECTRICIEN »

Je suis partisan absolu de la création d'une exposition annuelle d'électricité.

Voici pourquoi : le domaine de l'électricité, comme la mécanique, a besoin, pour se développer, d'un champ d'action toujours plus vaste.

Actuellement, chaque année des milliers d'inventeurs sont obligés de présenter leur modèle, au concours Lépine, à la Foire de Paris, ou autres expositions similaires. J'estime qu'une invention électrique, par exemple, n'a pas sa place au concours Lépine.

Le jury, quoique impartial, juge-t-il avec toute la compétence désirée ? J'en doute en raison de la difficulté toujours croissante de l'étude des nouveaux phénomènes. Je n'insiste pas davantage. Il serait très heureux, pour l'avenir économique de la France, qu'une exposition annuelle ait lieu. A l'intérieur de ce Salon de l'électricité, doit se trouver une place pour les nouvelles inventions, avec concours et récompenses décernées.

Le gouvernement français devrait subventionner immédiatement une œuvre aussi féconde en résultats économiques.

J. Cœuille,
Constructeur-électricien.

(1) Voir *Electricien* du 15 janvier 1920.

Vérification d'une bobine d'allumage.

++++

Certains moteurs comportent encore le double allumage; lorsqu'on présume que la bobine est défectueuse, on peut la vérifier de la façon suivante :

On serre l'extrémité d'un fil sur la borne M (masse) et l'on amène l'autre extrémité en regard de la borne B (bougie), et à la distance de 1 mm environ.

Ceci fait, on relie un des pôles de la pile ou de l'accumulateur à la borne + tandis que l'autre pôle est muni d'un fil libre : avec l'extrémité de ce dernier on fait des contacts brusques et répétés sur la borne C (came). On doit voir alors, à chaque fois, éclater une étincelle entre la borne B et la pointe du fil relié à la borne M (fig. 1).

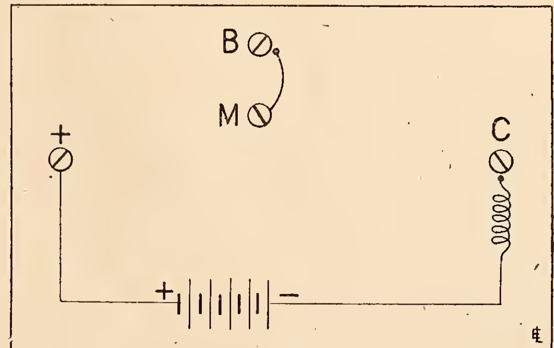


fig. 1

S'il ne se produit rien, c'est que la bobine est défectueuse, car elle a un de ses enroulements coupé.

Si la coupure se trouve à l'intérieur, la bobine est à remplacer, car il serait plutôt téméraire de songer à dévider le fil pour localiser le dérangement ! Si, au contraire, l'interruption se trouve à l'extrémité du fil, le mal n'est pas grand, car une réparation sera facile.

Nous avons pu constater, en effet, maintes fois, et tout anormal que cela paraisse, que les conducteurs se coupaient dans la cire, aux environs du point de soudure les reliant à d'autres fils de plus grand diamètre venant de la borne correspondante. Pour s'en rendre compte, il suffit d'enlever le couvercle de la boîte renfermant la bobine, après avoir démonté les bornes avec précaution. On creuse ensuite la cire sur une certaine profondeur autour de chaque conducteur pour voir s'il y a rupture.

Le cas échéant, on effectue la réparation et on remplace la cire enlevée.

Nous allons maintenant indiquer comment se comporte la bobine lors de l'essai ;

Lorsqu'on touche la borne C avec le fil, on ferme le circuit de la pile ou de l'accumulateur sur l'enroulement primaire. Il en résulte donc un certain nombre d'ampères-tours qui créent un champ magnétique.

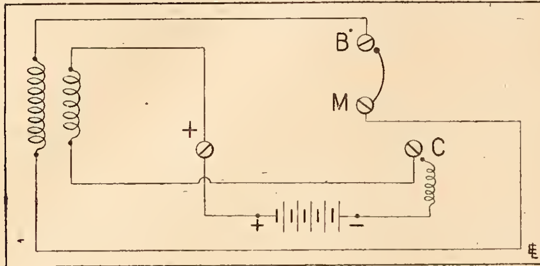


fig. 2.

A ce moment il y a bien une force électromotrice induite dans le secondaire, puisque en établissant le courant le flux augmente. Mais, par suite de la self-induction du primaire, la variation est moins rapide, et, partant, la force électromotrice engendrée dans le secondaire insuffisante pour franchir l'espace séparant la borne B de la pointe du fil (fig. 2). Au contraire, lorsqu'on rompt le contact avec la borne C, le flux diminue. La variation étant de beaucoup plus rapide que précédemment, la force électromotrice engendrée dans le secondaire atteint un chiffre très élevé; elle peut alors franchir l'espace existant entre le fil et la borne B, d'où : étincelle.

Nous voyons donc que l'essai s'effectue dans les mêmes conditions que lorsque la bobine est en fonctionnement.

Jean Lajugie,
Ingénieur-électricien

ÉCLAIRAGE GÉNÉRAL et éclairage localisé dans les milieux ambiants.

Une grande partie du secret d'un bon éclairage réside dans la proportion convenable de l'éclairage général et de celui à caractère local : un excès du premier éblouit l'œil et atténue les ombres (qui aident beaucoup à la perception des objets), un excès du second donne lieu à des contrastes d'éclairage trop vifs. Les *Transactions of the Illuminating Eng Society* donnent les résultats d'expériences qui ont été faites dans une chambre de $4^{m},6 \times 4^{m},6$ munie d'un plafond blanc à $3^{m},7$ au-dessus du plancher; tantôt les murs étaient revêtus d'une étoffe d'un noir aussi « opaque » que possible, tantôt de papier de couleur très claire. L'éclairage général était obtenu au moyen de lampes, dont la lumière grâce à des réflecteurs était envoyée uniquement au plafond; l'éclairage localisé, au-dessus d'une table de travail, était obtenu au moyen d'une lampe portative munie d'abat-jour de forme parallélépipédique en papier blanc.

Voici les résultats :

1) Avec un plafond blanc et des parois obscures et pour des éclairages (totaux) de la table de travail compris entre 2 et 6 lux on a préféré la combinaison : 40 % d'éclairage localisé et 60 % d'éclairage général.

2) Dans les limites précédentes d'éclairage total la combinaison préférée a été trouvée pratiquement indépendante de l'éclairage total que l'on voulait obtenir; aucun changement sensible non plus quand on substituait les parois obscures aux parois plus claires. Après diverses mesures on a trouvé suffisant pour obtenir la combinaison précédente d'éclairer le plafond avec une intensité de 2,5 à 3 fois plus grande que celle de la table de travail; dans ce cas la lumière diffuse renvoyée par le plafond constitue précisément les 60 % environ de la lumière totale reçue par la table de travail.

Ce chiffre 2,5 ou 3 qui résume une loi utile dans les projets d'éclairage, pouvait se déduire des chiffres précédents sans qu'il soit besoin d'autres mesures, en utilisant des données et des graphiques assez peu connus, mais qui ont été publiés en 1908 et 1913; on déduit en effet de ces graphiques que l'éclairage E produit par un plafond sur un point central (ici la table de travail) est donné par la relation :

$$E = 4\,C\,d.\,Eo$$

où E est l'éclairage moyen (cherché) du plafond, d le coefficient de diffusion du plafond (0,6 environ) et C un coefficient dépendant de la dimension du plafond, de sa hauteur au-dessus de la table; pour les dimensions données plus haut et en supposant que la table soit environ à $0^{m},80$ du sol, les graphiques donnent C = 0,11. Il en résulte que E = 0,27 Eo; mais puisque E doit être le 60 % de l'éclairage total e de la table, il suffira que :

$$Eo = \frac{0,6e}{0,27} = 2,3e \text{ environ.}$$

Ceci pour le centre de la table; en répétant le calcul pour un angle de la table, on trouve Eo = 2,7e chiffre voisin de celui obtenu par les mesures directes (de 2,5 à 3).

M. G.

Inventions. — Appareils et procédés nouveaux.

PETIT INTERRUPTEUR RAPIDE.

Dans un interrupteur tournant à action rapide, cette action est produite par une tension ou un relâchement d'une matière tendre ayant une élasticité égale à celle du caoutchouc. Dans le type figure 1, la poignée 3 actionne une broche 4 réunie à la plaque 11 fixée à la partie supérieure d'un cylindre élastique 10 libre sur la broche e dont la pièce de contact est fixée avec les contacts 18 sur la face inférieure. L'élasticité du cylindre peut être augmentée au moyen d'un ressort 16, qui l'entoure. La pièce de contact repose sur une plaque 8 formée par la base de l'interrupteur. La plaque possède des creux engagés avec les parties saillantes du contact pour maintenir le cylindre élastique suffisamment tendu. Lorsqu'on élève légèrement le contact, l'échappement a lieu et le cylindre élastique tourne

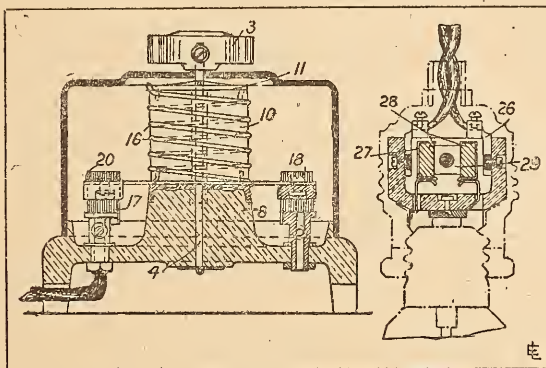


Fig. 1.

rapidement. Le contact en forme de pont se compose d plusieurs segments plats dont les extrémités 18 sont tournée vers le haut et passent au travers d'une plaque isolée fixée par des goupilles 20. Une des plaques 17 est plus longue que les autres et retient le côté du contact fixe, de sorte qu'une légère rupture de contact n'a pas lieu lorsque la pièce de contact est levée légèrement avant que l'action rapide se soit produite. Si l'on applique cet interrupteur à une lampe, les contacts mobiles 27 sont portés par des pièces en matières élastiques 28 et sont obligés de s'engager avec les contacts fixes 26 lorsqu'on tourne la broche 29 supportant les pièces rectangulaires. Avec une plus grande rotation, les pièces élastiques produisent une rupture rapide. (Br. Angl. 136.198).

SYSTÈME DE CONTROLE POUR MOTEURS ACTIONNANT UNE LOCOMOTIVE OU TOUT AUTRE VÉHICULE.

Dans un système à récupération composé de deux moteurs, chaque moteur agit à l'extrémité opposée d'un engrenage différentiel; une machine fonctionne comme génératrice et l'autre comme moteur pendant les premières périodes de démarrage. Pendant la marche normale, les deux machines fonctionnent comme moteurs montés en parallèle (fig. 2). Les induits *a* et *b* des machines A, B sont réunis aux conducteurs d'alimentation *f*, *g*, par l'intermédiaire d'un interrupteur *e* mais les bobines inductrices a^1, b^1 sont connectées directement au circuit d'alimentation; les connexions étant faites de telle façon que les deux machines tournent en sens inverse et à la même vitesse. Pour mettre en marche la machine conductrice, le champ du moteur A est diminué afin d'en augmenter la vitesse; la machine B fonctionne alors comme génératrice à vitesse réduite jusqu'à ce que la vitesse du moteur A soit devenue double de sa valeur primitive. On augmente

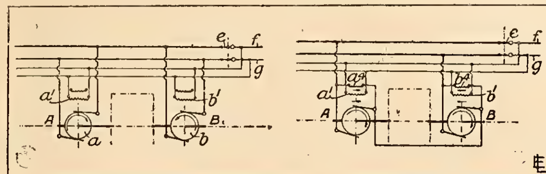


Fig. 2. Fig. 3.

alors le champ du moteur A pour amener le courant à une valeur nulle, l'interrupteur *e* est ouvert et le champ est diminué pour faire fonctionner la machine A en moteur. La machine B fonctionne comme génératrice jusqu'à ce qu'elle s'arrête et l'excitation de la machine A est inversée; la machine B fonctionne alors en moteur en tournant en sens inverse, tandis que la machine A devient génératrice. L'excitation de B est augmentée jusqu'à ce que les deux machines tournent dans le même sens et à la même vitesse. Cette seconde période est de courte durée de sorte que la vitesse du véhicule conduit ne change pas matériellement pendant ce temps-là. Les machines sont connectées avec leurs induits en série avec la distribution pendant la troisième période et finalement en parallèle sur le circuit. Pendant que les machines sont connectées en série, les champs peuvent être augmentés au moyen des bobines de champ a^1, b^1 (fig. 3). (Br. Ang. 136.537.)

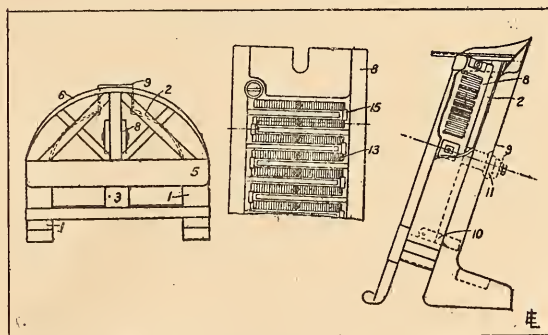


Fig. 4.

RADIATEURS ÉLECTRIQUES INCLINÉS.

Les éléments de chauffage sont montés (fig. 4) par paires dos à dos dans le foyer d'un réflecteur vertical de section parabolique 2. Les éléments se composent de tuiles évidées 8 destinées à recevoir les résistances; ces résistances y sont fixées à leurs extrémités et à des points intermédiares à l'aide de fils 15. Ces éléments ainsi constitués peuvent être montés sur un panneau vertical 3 ou de

préférence au dos de celui-ci à l'aide de crochets 10; un interrupteur est placé en 11. Le reflecteur peut être incliné sur la verticale. La partie supérieure du radiateu peut servir de chauffe-assiette; à cet effet, une pièce en forme de croix y est disposée et un rebord 6 empêche les assiettes de tomber. (Br. angl. 134.632.)

MODIFICATION DANS LA CONSTRUCTION DES MAGNÉTOS.

Dans les magnétos dont les pièces polaires se terminent en forme de cornes, ces cornes sont entourées de bobines en court-circuit, de la sorte les courants induits dans ces bobines empêchent la distorsion du champ de l'armature dans les grandes vitesses. La bobine peut être constituée d'une bande de cuivre ou d'aluminium A entourant la base de la corne B. Lorsque les pièces polaires ne sont pas rapportées, les bobines peuvent être faites en fonte et placées dans des rainures D (fig. 5) disposées à cet effet; on peut aussi employer une tige de cuivre dont les extrémités sont noyées dans de la fonte. (Br. Angl. 136.705.)

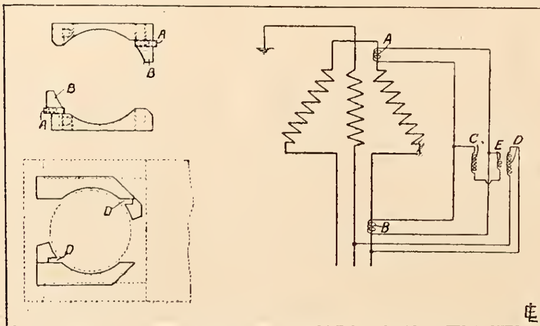


Fig. 5. Fig. 6.

DISPOSITIF DE PROTECTION POUR GÉNÉRATEUR A COURANT ALTERNATIF.

Dans le but de protéger les générateurs ou transformateurs contre les défauts qui peuvent se produire entre phases ou entre phases et terre, on emploie un relais à retour de courant (fig. 6). La bobine C est alimentée par un courant non équilibré produit par les transformateurs A, B connectés comme le représente la figure. Le courant non équilibré passe dans la bobine c tandis que la bobine D au lieu d'être alimentée par le courant de circulation l'est sous la différence de potentiel du circuit. La direction du courant dans la bobine C est telle que normalement elle maintient le relais dans la position de non fonctionnement. Pour que le relais puisse fonctionner lorsqu'il se produit un défaut, même avec une chute complète de voltage du générateur, un enroulement auxiliaire E composé de quelques spires peut être connecté en série ou en parallèle avec la bobine C et normalement contrebalance l'effet de la bobine D. La bobine E est disposée de telle sorte qu'en marche normale, le relais tend à agir, mais en est empêché par l'effet prépondérant dû à la bobine D. (Br. Angl. 135.313.)

FER A SOUDER ÉLECTRIQUE.

Les résistances employées sont placées dans des tubes amovibles. Dans le type figure 7, l'appareil se compose de deux pièces détachables 1^a, 1^b; la partie 1^a est de forme tubulaire et reçoit deux ou plusieurs tubes 5 de quartz ou autre matière semblable destinés à recevoir les bobines de résistance 6. Ces deux pièces sont fixées au sommet 2 au moyen de vis 4. Dans une variante (fig. 8) la partie

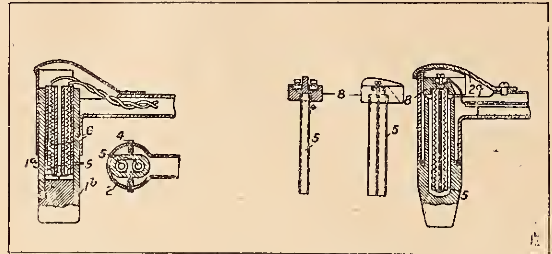


Fig. 7. Fig. 8.

destinée à recevoir les résistances est repliée. Ces éléments sont contenus dans des tubes 5 supportés par une tête en porcelaine 8 qui est munie d'un dispositif de connexion pour l'amenée de courant. Une calotte amovible 2^a les maintient en place. (Br. Angl. 136.406.)

PETITE BATTERIE PORTATIVE D'ÉCLAIRAGE

Dans ce système (fig. 9) un interrupteur spécial permet de mettre dans le circuit une partie des éléments d'accumulateurs ou tous les éléments *a*, *b*, *c*, *d*. Un des pôles de l'élément *a* est connecté à la lampe par l'intermédiaire d'un ressort 11 connecté à la main de la boîte sur laquelle est vissée la lampe (douille Edison); l'autre pôle est connecté à l'élément adjacent *b* tandis que le dernier élément *d* est connecté à un conducteur isolé 9. Un conducteur isolé 6 est connecté à chacun des éléments *c*, *d*

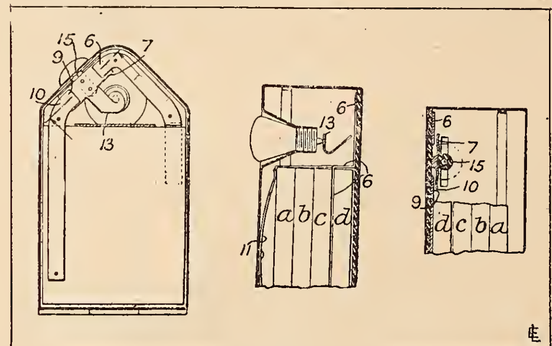


Fig. 9.

Un ressort recourbé et isolé 7, 10, 13, a son extrémité en contact avec le point central de la douille. Les pièces 7, 10 adjacentes sont séparées des conducteurs 6, 9, ainsi que la montre la figure 3. Un interrupteur rotatif 15 rend possible la mise en contact de la pièce 7 avec le conducteur 6 ou entre la pièce 10 et le conducteur 9 retirant ou ajoutant ainsi l'élément *d* dans le circuit. Les éléments secs ou humides peuvent être employés sans inconvénient. L'ampoule et l'interrupteur occupent la partie supérieure de la boîte renfermant la batterie. (Br. Angl. 136.539.) M. M.

L'ÉLECTRICIEN *prie les inventeurs et constructeurs de lui adresser les notices des appareils nouvellement réalisés.*

L'ÉCOLE DE L'ÉLECTRICIEN

Enseignement pratique de l'électricité industrielle.

Nous rappelons que dans le but d'intéresser d'une façon particulière les lecteurs de cet enseignement à un travail suivi, qui puisse leur être réellement profitable, nous avons ouvert entre eux un **CONCOURS**, *doté de* **PRIX**.

Des **MENTIONS** seront en outre délivrées à tous les participants dont les envois auront obtenu une moyenne au moins égale à la note 14. Nous invitons tous nos lecteurs à nous adresser, dans le délai d'un mois, les solutions des problèmes proposés. Des *mentions* seront décernées à tous ceux qui auront obtenu une moyenne d'au moins 14 pour un nombre de problèmes dont le minimum sera déterminé par le jury du concours.

Sommaire : *Action d'un noyau de fer dans un solénoïde. Perméabilité magnétique. Induction magnétique. Courbe de magnétisme ou d'induction. Saturation magnétique. Applications : Exercices. Problèmes proposés aux lecteurs.*

§ 36. ACTION D'UN NOYAU DE FER DANS UN SOLÉNOIDE.

Si l'on place un noyau de fer doux à l'intérieur d'un solénoïde ou bobine, le flux de force traversant cette bobine est augmenté. Cela est dû, comme nous le verrons plus loin, à ce que la *perméabilité* qu'offre le fer aux lignes de force est beaucoup plus grande pour le fer que pour l'air; car, en effet, la bobine dépourvue de noyau de fer possède un noyau d'air.

La perméabilité de l'air a été prise égale à l'unité. Celle des métaux magnétiques, et du fer en particulier, étant égale à plusieurs fois celle de l'air.

La valeur du flux de force à travers la bobine sera d'autant plus élevée que la perméabilité du fer du noyau sera plus grande. Dans ces conditions, il existe un certain rapport entre la perméabilité du fer et celle de l'air; ce rapport est caractérisé par le nombre μ (*mu*), qu'on appelle *coefficient de perméabilité* du fer.

Avant l'introduction du noyau de fer dans la bobine, le champ produit par cette dernière était :

$$H = \frac{4\pi NI}{10\,l}$$

après l'introduction du noyau ce champ devient :

$$H \times \mu = \frac{4\pi NI}{10\,l} \times \mu$$

§ 37. PERMÉABILITÉ MAGNÉTIQUE.

En introduisant un noyau de fer doux dans une bobine parcourue par un courant, on constate que les lignes de force du champ se précipitent pour passer au travers du noyau de fer; le fer a donc la propriété de concentrer et de canaliser les lignes de force du champ, parce qu'il est plus perméable aux lignes de force que l'air. C'est cette propriété de se laisser traverser facilement par les lignes de force qu'on a appelée la perméabilité magnétique du fer.

D'autres métaux possèdent à un degré variable cette perméabilité, tels : l'acier, la fonte, le cobalt, la manganèse, le nickel, etc., pour lesquels la perméabilité est supérieure à celle de l'air, c'est-à-dire plus grande que 1.

Nous rappellerons qu'on emploie comme matériaux magnétiques, en construction électrique : le fer doux, l'acier doux, l'acier coulé, la fonte grise.

La perméabilité du fer étant plus grande que l'unité, d'après la formule $H \times \mu$ précédente, l'intensité du champ magnétique se trouve donc augmentée par la présence du noyau de fer.

Si nous examinons, à présent, ce que devient le flux, qui est, formule 33, $\Phi = HS$, nous verrons qu'il est aussi augmenté et qu'il devient :

$$\Phi' = HS \times \mu = \Phi \times \mu$$

D'une façon générale, lorsqu'une bobine contiendra un noyau de fer, le flux sera obtenu, d'après ce qui précède, par la formule :

$$\Phi = \frac{4\pi NI}{10\,l} \times \mu S$$

Pour donner une idée de l'action d'un noyau de fer sur le champ ou le flux de force magnétique d'une bobine, si nous choisissons du fer de perméabilité $\mu = 2.000$, nous voyons que le flux Φ produit avec le noyau d'air de la bobine deviendra 2.000 fois plus grand avec le noyau de fer. On peut donc dire que ce fer est 2.000 fois plus perméable que l'air au point de vue magnétique.

§ 38. INDUCTION MAGNÉTIQUE.

Nous avons vu qu'un métal magnétique ou aimantable acquiert, lorsqu'il est placé dans un champ magnétique, un certain degré d'aimantation. Ce phénomène d'influence a reçu le nom d'*induction magnétique*.

La valeur de cette induction dépend de celle du champ magnétique auquel le métal est soumis et aussi de la perméabilité de ce métal.

Au point de vue calcul, l'induction magnétique est le quotient du flux de force Φ par la surface S à laquelle les lignes de force du champ sont normales. On représente l'induction par la lettre B, on a donc la formule :

$$B = \frac{\Phi}{S}$$

D'après la relation ci-dessus, on a donc aussi :

$$B = \mu H.$$

On voit donc, de plus, que, dans l'air, l'induction sera égale à l'intensité du champ magnétique.

L'induction s'évalue en unités C. G. S. appelées *gauss*.

La relation $B = \mu H$ montre que, pour une intensité donnée H du champ, l'induction B varie avec la perméabilité μ du circuit magnétique.

La perméabilité varie avec la température et l'état physique du fer.

Inversement, on peut dire que, pour un même métal, la perméabilité varie, pour une intensité donnée du champ magnétique et pour une même température, avec l'induction B. C'est ce que montre la relation :

$$\mu = \frac{B}{H}$$

C'est ainsi que la perméabilité est plus grande pour le fer que pour la fonte et pour la fonte que pour l'acier; elle varie avec la qualité du fer employé.

Si l'intensité H du champ magnétique augmente, la perméabilité diminue; cela n'a lieu, toutefois, qu'à partir d'une certaine valeur de l'intensité du champ.

Pour donner une idée de ce fait, supposons qu'un anneau de fer doux de perméabilité μ et de section S comporte un bobinage comme celui de la figure 56 et que l soit la longueur de ce noyau et N le nombre de spires du bobinage.

Pour un courant I le champ magnétique développé dans l'anneau sera :

$$H = \frac{4\pi \, NI}{10 \, l}$$

La valeur correspondante Φ du flux fourni par le noyau sera alors :

$$\mu H S = \Phi$$

La perméabilité du noyau est alors :

$$\mu = \frac{\Phi}{HS}$$

Si nous augmentons l'intensité du courant en le rendant, par exemple, huit fois plus grand, nous rendrons aussi huit fois plus grand le nombre d'ampères-tours et par conséquent aussi la valeur H du champ. Or, il n'en sera pas de même du flux Φ, dans la formule $\Phi = \mu HS$, qui aura augmenté dans une proportion moindre; cela tient à ce que la perméabilité μ n'est pas restée constante, elle a donc diminué de valeur, alors que le champ augmentait. Cette diminution est d'autant plus grande que le courant, c'est-à-dire que le champ augmente davantage.

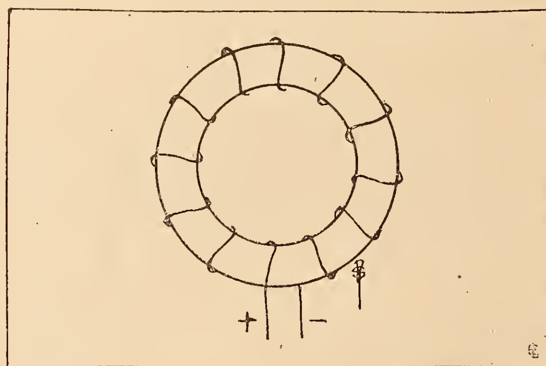


Fig. 56.

On verrait de même que l'induction, donnée par la formule $B = \mu H$, ne croît pas proportionnellement à la valeur du champ H.

En résumé, pour chaque qualité de fer employé, la perméabilité et l'induction varient avec l'intensité du champ.

C'est dans ce but qu'on a établi, dans la construction des machines électriques, des tables spéciales pour les divers métaux employés dans les circuits magnétiques de ces machines. Ces tables sont différentes d'un constructeur à l'autre, suivant la qualité du fer qu'il utilise.

Nous donnons plus loin une table empruntée au remarquable ouvrage de M. Eric Gérard. Cette table donne les valeurs des inductions B depuis 1.000 jusqu'à 20.000 gauss; les valeurs de l'induction adoptées dans la pratique de la construction allant jusqu'à environ 17.000 unités.

Comme il est souvent utile de connaître la valeur

des ampères-tours pour obtenir un champ déterminé, il suffira de multiplier les valeurs du champ H du tableau par le nombre 0,8 :

TOLES DE FER OU D'ACIER DOUX RECUITES			ACIER DOUX		
H	B	μ	H	B	μ
0,20	1 000	5 000	0,28	1 000	3 570
0,40	2 000	5 000	0,56	2 000	3 570
0,612	3 000	4 900	0,845	3 000	3 550
0,84	4 000	4 770	1,13	4 000	3 530
1,11	5 000	4 540	1,43	5 000	3 500
1,39	6 000	4 320	1,75	6 000	3 430
1,68	7 000	4 165	2,12	7 000	3 300
2,05	8 000	3 900	2,57	8 000	3 110
2,51	9 000	3 460	3,04	9 000	2 960
3,08	10 000	3 200	3,76	10 000	2 660
3,83	11 000	2 870	4,70	11 000	2 335
4,77	12 000	2 520	5,95	12 000	2 015
6,38	13 000	2 040	8,00	13 000	1 625
8,9	14 000	1 570	11,74	14 000	1 190
11,44	14 500	1 270	15,5	14 500	935
15,7	15 000	955	22,5	15 000	667
26,4	15 500	585	40,2	15 500	386
14,5	16 000	360	65,0	16 000	246
73,5	16 500	224	92,8	16 500	178
101,3	17 000	168	122	17 000	139
136,5	17 500	128	161	17 500	108,5
173,5	18 000	104	198	18 000	91
221,5	18 500	87,5	242	18 500	76,4
264,0	19 000	72			

FER FORGÉ			FONTE GRISE		
H	B	μ	H	B	μ
0,34	1 000	2 940	1,19	1 000	840
0,658	2 000	3 040	2,56	2 000	780
0,985	3 000	3 040	4,50	3 000	666
1,32	4 000	3 030	7,03	4 000	570
1,68	5 000	2 980	10,69	5 000	470
2,07	6 000	2 900	13,60	5 500	404
2,50	7 000	2 800	17,3	6 000	347
3,02	8 000	2 650	24,0	6 500	252
3,64	9 000	2 470	34,0	7 000	206
4,53	10 000	2 200	48,5	7 500	155
5,77	11 000	1 900	64,5	8 000	124
7,85	12 000	1 530	85,5	8 500	99
11,25	13 000	1 155	102,5	9 000	88
17,2	14 000	814	125,7	9 500	76
23,4	14 500	620	149,5	10 000	67
37,1	15 000	404	178,0	10 500	59
59,1	15 500	262	207,0	11 000	53
81,7	16 000	196	235	11 500	49
112,5	16 500	147			
140,0	17 000	121			
182,5	17 500	96			
216,2	18 000	83			
262,5	18 500	70,5			

§ 39. COURBES DE MAGNETISME OU D'INDUCTION. SATURATION MAGNETIQUE.

Cette courbe donne l'image de ce qu'indique le tableau précédent. Supposons que l'anneau de fer doux du paragraphe précédent n'ait jamais été aimanté. En faisant varier l'intensité du courant I dans le bobinage de l'anneau (fig. 56), nous savons que le champ H variera proportionnellement au courant I. Nous savons aussi que la perméabilité variera, ainsi que l'induction B. Il en résulte que, d'après la relation :

$$B = \mu H$$

les variations de B dépendront à la fois des variations de μ et de H.

Pour représenter ces variations, on porte (fig. 57) sur un axe horizontal ON les valeurs du champ H et sur un axe vertical ON les valeurs de l'induction B.

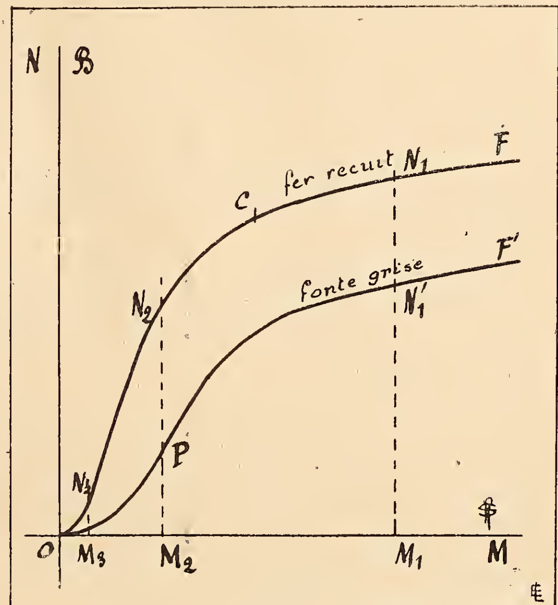


Fig. 57.

Supposons qu'à un courant I_1, corresponde un champ H_1, dans le noyau et une induction B_1. Portons sur l'axe OM cette valeur du champ en OM_1, puis, au point M_1, élevons une perpendiculaire sur laquelle nous porterons la valeur B_1 de l'induction, soit M_1, N_1, correspondant à la valeur du champ H_1.

Si nous procédons ainsi pour toutes les valeurs du champ et de l'induction, obtenues en faisant varier l'intensité du courant dans les spires de l'anneau, nous obtiendrons tous les points analogues à N_1 correspondant aux diverses valeurs du courant. En réunissant ces points par un tracé continu, nous obtiendrons la courbe F, qui représentera les variations de l'induction avec le champ. Cette courbe est relative, par exemple, à un noyau de

fer doux recuit; nous avons ainsi l'image de la marche complète du phénomène.

Le fer étant supposé aimanté pour la première fois, c'est-à-dire n'ayant pas de magnétisme rémanent, la courbe F part du point O.

Pour les faibles valeurs du courant, c'est-à-dire du champ H, ou début, l'aimantation croît lentement et la courbe F de l'induction s'élève lentement aussi, parce que l'induction est alors très petite; c'est ce qui a lieu jusque vers le point N_3, de la courbe, auquel correspond le champ OM_3, à partir du point N_3, et jusqu'en N^2, la courbe s'élève rapidement, montrant les rapides variations de l'induction pour les valeurs du champ comprises dans la partie OM_2 sur l'axe OM et l'on voit que, pour cette valeur OM_2 du champ, l'induction a la valeur M_2, N_2; on voit aussi que, alors que l'induction était seulement $M_3 N_3$ pour la valeur OM_3 du champ, elle prend, pour la nouvelle valeur OM_2 du champ, la valeur M_2 N_2, notablement plus grande. En d'autres termes, alors que la variation du champ est seulement M_3 M^2, celle de l'induction est PN_2, c'est-à-dire beaucoup plus importante que celle du champ.

A partir du point N_2 la courbe s'infléchit et on voit qu'elle ne s'élève plus aussi rapidement et que, quelque grandes que soient les valeurs que l'on donne au champ H, la courbe F ne se relèvera pas en conséquence.

On voit en effet que, pour la valeur OM_1 du champ, la valeur correspondante de l'induction étant M_1, N_1, la variation de l'induction sera beaucoup inférieure à la variation correspondante du champ. C'est qu'alors le noyau soumis à l'aimantation s'approche du point de saturation, l'augmentation de l'intensité du champ ne produit plus l'augmentation de l'induction.

L'examen de cette courbe confirme ce que nous avons dit au sujet de la perméabilité, à savoir que cette perméabilité n'est pas constante; car, si elle était constante, l'induction varierait, d'après la relation $B = \mu H$, proportionnellement à H et la courbe décrite serait une ligne droite, plus ou moins inclinée sur l'axe OM; or, nous venons de voir qu'il n'en est pas ainsi.

L'examen de la courbe montre en outre que, d'une part, puisque l'on obtient dans la région N_3 N_2 de la courbe F un très grand accroissement de l'induction pour une très faible valeur du champ, il n'y a pas d'intérêt à employer des champs faibles et, d'autre part, que puisque l'induction ne croît que très faiblement dans la partie CF pour une importante augmentation du champ, on utilisera peu les inductions correspondant à cette région, qui sont ici très élevées, aux environs de 18 à 19.000 gauss.

En fait, on se limite au coude N_2 C de la courbe F, auquel correspondent les inductions comprises entre 10.000 et 17.000 gauss environ, valeurs employées ordinairement dans la pratique de la construction. On obtiendra ainsi des variations de l'induction qui resteront sensiblement proportionnelles aux variations du champ. Nous verrons plus tard l'utilité de cette remarque.

La courbe F' est relative à la fonte grise. On sait que, pour les mêmes valeurs de l'intensité du champ que précédemment, les valeurs correspondantes de l'induction sont inférieures à celles du fer. Ainsi, pour le champ $OM_1 = H_1$, l'induction dans le fer est $M_1 N_1 = B_1$, alors que pour la fonte elle est plus petite, soit $M_1 N'_1 = B'_1$.

Si nous appelons μ_1 la perméabilité correspondante du fer, μ'_1, celle de la fonte, on a :

$$B_1 = \mu_1 H_1$$
$$B'_1 = \mu'_1 H_1$$

Si nous comparons ces valeurs, nous aurons :

$$\frac{B_1}{B'_1} = \frac{\mu_1 H_1}{\mu'_1 H_1}$$

c'est-à-dire

$$\frac{B_1}{B'_1} = \frac{\mu_1}{\mu'_1}$$

Comme B_1 est plus grand que B'_1, il en résulte que μ est lui-même plus grand que μ'. La perméabilité de la fonte est donc, pour une même valeur du champ, inférieure à celle du fer doux. C'est ce qui, au point de vue magnétique, différentie le fer doux et la fonte.

Enfin, les courbes montrent que la perméabilité $\mu = \frac{B}{H}$ augmente rapidement au début de l'aimantation.

Comme nous l'avons vu, l'intensité H du champ croît plus rapidement que l'induction B, par conséquent, la perméabilité décroît rapidement aussi et d'autant plus vite que le champ est plus intense. Pratiquement, et pour un champ très élevé, la valeur de la perméabilité reste voisine de l'unité, de sorte que lorsqu'un champ est très intense, sa perméabilité est voisine de celle de l'air.

Dans ces conditions, on a atteint, comme nous l'avons dit, le point de *saturation magnétique* et le fer est dit *saturé*. La limite de saturation dépend de la qualité du fer, de sa perméabilité, de son état physique, etc.

Comme le montre la courbe F', on voit que le point de saturation de la fonte est plus rapproché que celui du fer doux.

APPLICATIONS

Exercice 1. — *Quel est le courant nécessaire dans une bobine qui comporte* 350 *spires et dont le noyau*

en fer doux a une longueur de 14 *centimètres, une section de* 15 *centimètres carrés, pour obtenir dans ce noyau un flux de* 30.000 *unités. La perméabilité du fer du noyau est de* 3.000.

Solution.

Nous avons vu que le flux est donné par la formule :

$$\Phi = \frac{4\pi \text{ NI}}{10\ l} + \mu \text{ S}$$

Pour obtenir la valeur du courant, nous pouvons l'écrire sous la forme :

$$\text{I} = \frac{10\ l \times \Phi}{4\pi \text{ N } \mu \text{ S}}$$

et nous aurons, d'après les données du problème

$$\text{I} = \frac{10 \times 14 \times 30.000}{4 \times 3{,}14 \times 350 \times 3000 \times 15} = 0 \text{ amp. } 02 \text{ env.}$$

Exercice 2. — *Une bobine comporte un noyau de fer ayant une section de* 350 *centimètres carrés. Le flux produit dans ce noyau est de* 1.750.000 *unités. On demande de calculer l'induction dans ce noyau.*

Solution.

Nous savons que l'induction est donnée par la formule $\text{B} = \frac{\Phi}{\text{S}}$, lorsque l'on connaît le flux Φ et la section S.

Nous aurons donc :

$$\text{B} = \frac{1.750.000}{350} = 5.000 \text{ unités}$$

Exercice 3. — *Une bobine comporte* 150 *spires et un noyau en fer doux de* 300 *centimètres carrés de section, de* 0 *mètre* 314 *de longueur et de perméabilité* 2660. *Calculer le flux dans ce noyau lorsque la bobine est parcourue par un courant de* 0,5 *ampère*

Solution.

La formule donnant le flux dans une bobine pourvue d'un noyau et dans les conditions énoncées dans le problème est, comme nous l'avons vu :

$$\Phi = \frac{4\pi \text{ NI}}{10\ l} \times \mu \text{ S}$$

On aura donc :

$$\Phi = \frac{4 \times 3{,}14 \times 150 \times 0{,}5}{10 \times 31{,}4} \times 2660 \times 300 =$$

2.394.000 unités.

PROBLÈMES PROPOSÉS AUX LECTEURS

9e Série.

Problème 32. — Une bobine ayant un diamètre intérieur de 74 millimètres produit un flux de 430.000 unités. On demande de calculer la valeur du champ produit par cette bobine.

Problème 33. — Une bobine est formée de 830 spires parcourues par un courant de 10 ampères. On obtient avec ce courant, dans le noyau en fonte de la bobine, qui a un diamètre de 86 millimètres et une longueur de 290 millimètres, une perméabilité de 30.

Après avoir enlevé le noyau, on réduit le courant au quart de sa valeur. On demande de calculer la valeur du flux produit dans la bobine.

Problème 34. — Quelle aurait été la valeur de l'induction dans le noyau de fonte de la bobine précédente si l'on n'avait pas réduit le courant et si l'on suppose que la perméabilité du noyau est restée constante.

Problème 35. — Quel diamêtre intérieur faudrait-il donner à une bobine pour que le flux obtenu eût la même valeur que le champ dans cette bobine.

Problème 36. — Un anneau en fer doux feuilleté présente un diamètre intérieur de $0^{m},80$ et un diamètre extérieur de $1^{m},20$ (fig. 58).

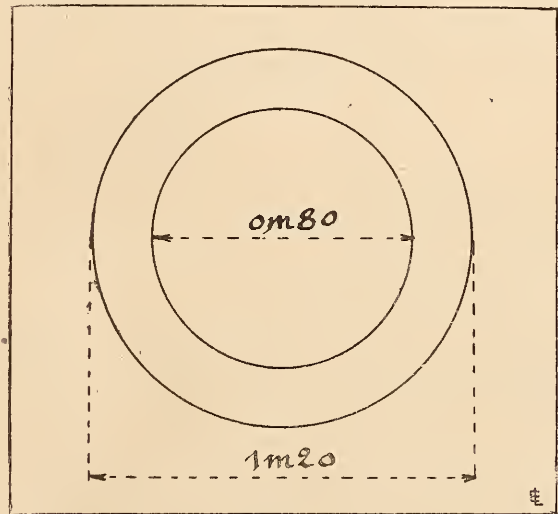


fig. 58

On demande de calculer le nombre d'ampères-tours qu'il faudra enrouler sur ce noyau pour obtenir un flux de 62.800.000 unités et de façon que le fer du noyau ne soit pas soumis à une induction supérieure à 10.000 unités.

R. Sivoine.
Ingénieur E. T. P.

TRIBUNE DES ABONNÉS

DEMANDES

N° 90. — Quel serait le moyen le plus pratique pour : D'un point quelconque d'un réseau à 3 fils, avertir l'usine génératrice (avec sonnerie de préférence) en se servant des fils de la canalisation.

N° 91. — Serais reconnaissant à qui pourrait m'indiquer la méthode la plus simple, pour trouver la section d'un fil ou d'un câble à poser dans une installation (force et lumière) en tenant compte de la longueur du circuit.

Est-ce le même calcul pour courant continu que pour courant alternatif? Je crois que les lampes doivent aussi faire varier le résultat, suivant leur intensité lumineuse, et leur composition (carbone, métal et demi-watt)?

Donner si possible un barême d'ampérage des lampes les plus usitées.

F. M.

RÉPONSES

N° 59. R — Comment voulez-vous que G 2 *non excité* tourne ?... La rotation ne résulte que de réactions du courant d'induit sur le flux inducteur. Si ce dernier n'existe pas, il n'y a pas de rotation possible.

Partons du principe de la génératrice :

Je la fais tourner en l'excitant très faiblement ; la tension produite sera faible et si je veux lui faire produire une tension élevée en maintenant la faible excitation, il faut que je donne à mon induit une grande vitesse, incompatible peut-être avec sa construction, et absorbant une force importante (ce qu'on gagne en vitesse on le perd en force).

Passons au moteur avec les mêmes données : même champ inducteur. Vous appliquez la tension élevée que j'ai voulu produire tout à l'heure. Votre moteur partira à une vitesse folle. Mais cette vitesse absorbant de la force, il est probable qu'il sera incapable de la produire et s'arrêtera... Voici d'ailleurs une expression du *couple* :

$$C = \frac{N}{2\pi \times 108 \times 9{\cdot}81} \times \Phi\, I$$

C en kgm.
N spires d'induit.
Φ flux inducteur.
I Ampère induit.
n tours par seconde.

La puissance est $P = C \times 2\pi n$.

Le couple est donc bien proportionnel à Φ, et il y a une limite à partir de laquelle le moteur dont on affaiblit graduellement le champ inducteur *s'arrête* ou *brûle son induit.*

Et cela sans tenir compte de la commutation, des réactions d'induit, etc...

N° 62 R — La solution à apporter au vol des lampes à incandescence dans les usines a déjà été étudiée, certains constructeurs fabriquent des douilles et des lampes à 3 ergots calés à 120°, mais ce n'est là qu'une solution tout à fait insuffisante ; il en est de même pour les bagues de sûreté, les ouvriers ne se gênant pas pour couper les conducteurs et garder douille et lampe. Le mieux est, lorsque la chose et possible, d'adopter une tension d'alimentation de 220 volts étant donné que les réseaux de distribution d'éclairage urbains fonctionnent ordinairement sous 110 volts.

M. Marre,
Ingénieur E. T. P.

N° 72. R — Je pense que la Compagnie des charbons Fabius-Henrion, 56, faubourg Saint-Honoré, à Paris, vous fournirait les lampes que vous désirez.

Pour supprimer ces lampes pour la charge des accus, il vous suffira de les remplacer par une résistance en fil de maillechort, par exemple.

Les lampes carbone 110 volts,50B consomment environ $\frac{3 \text{ w.}, 5 \times 50\text{B}}{110 \text{ v.}} = 1^{\text{A}},6$; leur résistance est donc $\frac{110 \text{ v.}}{1^{\text{A}},6} =$ $= 69$ ohms environ. Les 220 v. consomment $\frac{3.5 \times 50}{220} = 0^{\text{A}},8$ et leur résistance est $\frac{220}{0.8} = 275\ \Omega$

Vous pourrez boudiner un fil de maillechort ou de ferronickel convenable et en y adaptant un curseur vous aurez une résistance réglable très pratique, facile à faire.

Remarquez que vos lampes sont en série avec vos accus, mais probablement en parallèle entre elles, et qu'en conséquence, lorsque vous avez plusieurs lampes, l'inverse de la résistance totale est égale à la somme de l'inverse des résistances partielles.

N° 73. R. — Vous trouverez dans l'*Electricien* 1910, p. 58, la description d'une installation électrique actionnée par turbine à vent, 40 kw., près de Hambourg, et encore deux notes à ce sujet dans le même journal 1913, pages 184 et 264.

N° 74. R. — Pour utiliser la force de votre turbine pendant le jour, vous avez :

Le chauffage électrique dans tous ses emplois dans l'habitation et dans l'usine ;

La fabrication de la glace au moyen d'un compresseur à acide carbonique (Compagnie industrielle du Froid, 10, rue de la Boétie, Paris).

La fabrication des gaz hydrogène et oxygène par électrolyse de l'eau (système Zorzi) qui n'exigent pas de connaissances spéciales.

N° 75. R. — Les résistances chauffantes des fers à repasser sont constituées au moyen d'un fil de métal à haute résistivité électrique (chromatine, par exemple), convenablement enroulé sur une ou deux feuilles de mica, et dont les extrémités aboutissent aux bornes du fer. Une autre feuille de mica est placée au fond du fer pour isoler celle supportant le fil chauffant tout en laissant passer la chaleur. Par-dessus plusieurs épaisseurs d'amiante et le tout serré par la plaque de fermeture boulonnée. Certains fabricants noient la résistance dans une terre réfractaire pour la préserver de l'oxydation par l'air. Naturellement le fil est calibré pour les watts à fournir sous la diférence de potentiel d'emploi.

N° 77. R. — Il me semble que pour protéger une pièce d'immeuble on peut assez facilement combiner un circuit électrique convenablement disposé pour faire sonner un timbre si on le coupe.

N° 81. R. — Dans les installations triphasées on met le neutre à la terre pour que la tension entre chaque phase et la terre reste constante et égale à la tension *simple* du système. Si le neutre n'est pas à la terre, en cas de défaut sur une phase, on a la tension composée entre les deux autres phases et la terre, ce qui peut amener des troubles et même des accidents. D'autre part, les charges statiques peuvent s'écouler librement à la terre, la valeur de la capacité de la ligne par rapport à la terre est réduite, les défauts d'isolement par rapport à la masse sont immédiatement décelés. En continu, il peut y avoir encore d'autres raisons : le Nord-Sud de Paris, par exemple, emploie 1200 volts entre l'archet et un rail isolé, et il n'y a que 600 volts entre chacun de ces conducteurs et le rail de roulement.

F.

Le Gérant : L. De Soye.

35e Année. — N° 1253. 1er Juin 1920.

L'ÉLECTRICIEN

Revue Internationale de l'Électricité & de ses applications

PARAISSANT LE 1er ET LE 15 DE CHAQUE MOIS

Rédacteur en Chef : Maurice SOUBRIER

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE
PROFESSEUR ADJOINT D'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

SOMMAIRE

LA PRODUCTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Utilisation de l'énergie de l'embouchure des fleuves.

Nous nous trouvons menacés d'augmentations continuelles dans les prix du charbon et des huiles combustibles d'origine étrangère. Il serait urgent de rechercher combien d'autres ressources de l'énergie naturelle peuvent être de suite exploitées afin d'exercer une influence salutaire dans le coût de la production.

Il est surprenant que nous ne connaissions encore aucune tentative ayant été faite sur une large échelle, pour utiliser la vaste quantité d'*énergie potentielle* renfermée dans le *flux* et principalement le *reflux* journalier des marées de l'embouchure des fleuves et rivières de la Manche et de l'Océan. Il se peut que cette grande et éternelle force de la nature soit demeurée ignorée parce qu'elle gît insoupçonnée à nos portes mêmes, non loin de Rouen, Saint-Nazaire, Paimbœuf, Nantes, Royan et Pauillac, tandis que d'autres sources de puissance moins certaines, plus décevantes et peut-être moins adaptables ont eu un effet bien plus stimulant sur le génie scientifique et sur l'art de l'ingénieur.

Aujourd'hui, le besoin urgent de capter l'énergie hydraulique de nos fleuves et autres voies d'eau s'impose : là où elle est praticable, cette captation serait d'une grande importance pour opérer en grand le traitement électrosidérurgique des minerais ferreux du bassin de Briey en remplaçant si possible l'énergie thermique du charbon, rare et coûteux, par l'énergie électrique obtenue sans son concours, et par toute autre force ou agent naturel.

Au besoin, on pourrait transporter ces minerais dans de vastes usines électro-métallurgiques situées sur les bords de l'embouchure de nos fleuves ou encore près des baies de la Bretagne du nord, c'est-à-dire partout où l'énergie électrique pourrait être obtenue, à bon marché, à l'aide de puissants alternateurs actionnés par des turbines spéciales simples et robustes, mues soit par la puissance des marées (voir notre article de l'*Electricien* du 15 novembre 1919), soit par le flux et le *reflux* qu'elles produisent dans l'estuaire de nos grands fleuves et principales rivières. Alors, la France ne serait plus tributaire de l'étranger pour son supplément de charbon, de coke, de pétrole et autres combustibles.

Possibilité d'une semblable captation ou installation.

L'installation du bâtiment des turbines sur l'embouchure des fleuves serait bien moins coûteuse que toutes celles situées sur les murs divisionnaires des grands bassins de captation de la puissance des marées, comme nous l'avons exposé en détail dans notre précédent article. Il suffirait, en effet, de choisir le banc ou bord du fleuve, à son embouchure, là où le courant est le plus rapide, pour obtenir l'effort maximum de l'eau au moment du *reflux*, où le courant du fleuve s'ajoute à la marée descendante. On installerait de ce côté du fleuve, dont le bord choisi EF serait consolidé par des travaux de revêtement *ad hoc* pour éviter tout affouillement, un long canal (AB-EF) d'amenée et d'évacuation tout à la fois, le mur AB (de 1m,60 à 1m,80 de large) étant parallèle à la rive adoptée EF.

Cette digue AB serait construite très solidement en un béton inattaquable sur fond solide avec

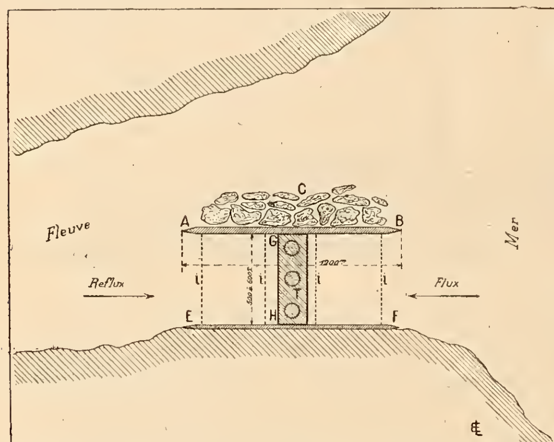


Fig. 1. — Plan d'une installation à l'estuaire d'un fleuve.

défenses de ses côtes par des blocs de roc de une à deux tonnes, principalement du côté C où il pourrait recevoir les assauts des fortes marées.

Le canal mesurerait de 1.000 à 1.200 mètres de longueur et le mur AB serait situé à environ 400 à 600 mètres du rivage EF.

Au milieu du canal en GH serait placé, à cheval, le bâtiment des turbines T de grande puissance et en nombre voulu et calculé. On pourrait au besoin placer deux de ces bâtiments avec un plus long canal, d'au moins 2 kilomètres de lon

A la marée montante, lors du *flux*, où se produ l'action antagoniste du fleuve et de la mer, l turbines tourneraient plus lentement, elles pourraient alors soit actionner des dynamos à courant continu de faible voltage pour les applications de l'électrolyse, soit commander les mêmes alternateurs donnant un voltage moins élevé et à l'aide de commutatrices, charger en courant continu des batteries d'accumulateurs.

On pourrait encore installer un canal et bâtiment de turbines semblables sur l'autre bord, si la largeur de l'estuaire le permettait, en réservant assez de place, entre les deux digues au milieu du fleuve, pour le passage des forts steamers, comme à l'embouchure de la Gironde par exemple.

En pratique, le plus difficile sera d'obtenir des *turbines robustes*, pouvant toujours tourner dans le même sens sous les actions différentes et opposées du flux et du reflux, travaillant continuellement noyées (on pourrait les placer sur flotteur coulissant), et surtout restant inattaquables à l'action rodante des sables de la mer et des boues argileuses du fleuve et enfin à l'action chimique si énergique de l'eau de mer.

On pourra d'abord se préserver, en partie, des galets, sables et boues grossières par des grilles, sorte de filets à mailles plus ou moins larges, placés en nombre voulu, à l'entrée et à la sortie du bâtiment des turbines, comme indiqué en pointillé sur le dessin.

Bâtiments des turbines. — Ils seront implantés au travers et normalement au canal, ayant à leur côté 2 ou 4 vannes, suivant leur longueur, du *type Stoney*, en deux parties indépendantes et pouvant se mouvoir en sens inverse.

Ce type permet, en effet, en abaissant la partie supérieure, de laisser passer en déversoir les petites crues et, la partie supérieure complètement baissée, s'il y a lieu, à la marée montante, d'augmenter le volume débité; les deux parties de la vanne sont remontées simultanément en dégageant la section complète de la vanne.

Cette vanne Stoney permettra donc bien d'écouler le débit complet du canal afin d'obvier à toute surélévation exagérée du plan d'eau, dans un sens ou dans l'autre, provenant de l'arrêt simultané d'une ou plusieurs turbines.

Enfin une écluse du type simple ou double pourra être placée, avant et après le bâtiment des turbines, sur l'axe de l'usine, si cela est nécessaire. C'est ce dispositif qui amènera le moins de perturbations au fonctionnement des groupes par la prise ou l'effort plus ou moins rapide d'eau, en amont ou en aval, provenant du fonctionnement des écluses. Comme les usines seront implantées dans les terrains d'alluvion de l'estuaire des fleuves, elles doivent exiger des fondations poussées par leurs éperons amont et aval, jusqu'au sol résistant, à des profondeurs ne dépassant pas 30 mètres en moyenne. En tout cas, il faudra toujours rechercher

pour une construction solide et durable des bâtiments des turbines, un sol résistant pour y ancrer le massif de fondation.

On pourra prendre *huit* turbines ou éléments principaux et un auxiliaire du type Francis à axe horizontal et à roue simple, utilisant sans l'auxiliaire, un débit minimum, voisin de celui d'étiage; on comptera sur un fonctionnement de toutes les turbines en hautes eaux seulement.

Devis approximatif.

Les turbines de pression à axe horizontal seront de grande puissance et travailleront immergées. Elles tourneront plutôt lentement sous la pression, l'effort du *flux* et du *reflux* dans l'estuaire du fleuve; elles ne pourront donc pas commander directement les alternateurs triphasés, mais seulement à l'aide d'embrayages spéciaux et de multiplicateurs de vitesse. En outre, les alternateurs posséderont le plus de pôles alternés possible, afin de n'exiger pour leur rotor qu'une vitesse angulaire de rotation très modérée.

Le rendement de chaque ensemble : turbine, transmission et alternateur, sera excellent et d'environ 70 à 75 % d'une énergie cinétique constante, ne coûtant que l'amortissement des frais, assez élevés il est vrai, de premier établissement, ceux d'exploitation étant insignifiants.

En tout cas, pour un bâtiment à quatre turbines de 360 HP (type radiale-Francis), et un canal simple de 1 km avec défenses rocheuses, on pourrait compter actuellement, alternateurs compris, sur une dépense totale de 1 million à 1.500.000 fr. suivant le coût variable de la main-d'œuvre et des matières premières employées, pour obtenir facilement une moyenne de 1.000 kilowatts, soit environ 1.400 chevaux, ce qui donne, pour le prix du cheval-vapeur ainsi obtenu, une immobilisation de 1000 francs, qui n'a rien d'exagéré. Cette dépense est la moitié environ de ce que coûterait le cheval produit, dans des conditions analogues, par la puissance des marées en Bretagne.

Il faudra enfin pour construire les turbines (qu'on pourra appeler des *marémoteurs*) trouver un métal très dur, bien plus résistant que le fer et même l'acier fondu qui est rongé par l'eau de mer. On peut choisir le bronze, le cuivre, le nickel ou un alliage convenable. Il nous semble qu'un bronze siliceux et phosphoreux avec un peu d'aluminium et de nickel serait le plus résistant aux actions destructives indiquées.

On a pu obtenir des bronzes avec alliage d'aluminium donnant une résistance à la traction, de 80 kilogs par millimètre carré. Enfin, ce bronze pourrait être émaillé au pinceau et les aubes en fibre spéciale, inattaquable à l'eau salée; elles pourraient aussi être en bronze émaillé.

Pour conclure la solution du problème, outre d'autres difficultés techniques résolubles, il faudra surtout tenir compte de celles dites administratives, les formalités de tout aménagement ressortant de quatre ministères.

Ch. Andry-Bourgeois,
Ingénieur des Mines et E. S. E.

MÉTHODES ET NOUVEAUX APPAREILS

de mesure électrique des joints de rails.

(*Suite*, (1).

2° Appareils basés sur l'emploi du pont de Wheatstone.

Le pont de Wheatstone est trop connu pour que nous en parlions. Nous donnons simplement le schéma de l'ancien appareil Carpentier basé sur ce principe :

Lorsque l'appareil est en fonctionnement, il est disposé comme l'indique la figure 6; les prises de courant sont les mêmes que celles des appareils précédents.

On voit que les quatre points K, C, K', B sont les sommets d'un pont de Wheatstone dont les branches possèdent les résistances respectives r, r, R, J. Au moment de l'équilibre, on peut écrire immédiatement

$$J = R.$$

Tous ces appareils ingénieux sont simples et robustes, mais ils présentent le grand inconvénient *de nécessiter des tâtonnements parfois très longs*, pour arriver à déterminer la position exacte du contact K' correspondant à l'équilibre du galvanomètre. Cette difficulté de lecture se complique de ce qu'au moment de la faire, le courant change

(1) Voir *l'Electricien*, 15 mai 1920.

parfois de valeur ou de sens, ou bien devient insuffisant.

Dans le premier cas, l'équilibre ne peut être obtenu (bien qu'il soit, en principe, complètement indépendant des variations de courant), parce que le joint change de valeur en même temps que l'intensité; dans le deuxième cas, l'équilibre persiste sans aucune signification. Enfin, lorsque la position d'équilibre est déterminée, il faut procéder à un mesurage pour connaître la longueur B'K de rail équivalent au joint en essai.

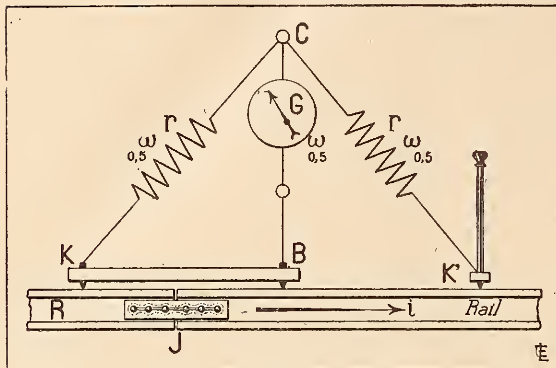


Fig. 6.

3° Appareils basés sur l'emploi de deux millivoltmètres séparés.

D'après la figure 7, on voit que la résistance du joint sera égale à celle de la portion de rail BK' quand les indications des deux millivoltmètres seront les mêmes, c'est-à-dire, *par suite de la disposition de l'instrument,* quand les deux aiguilles sont superposées.

Un système de trois prises de courant, comme dans les cas précédents, permet de prendre les contacts sur les rails. On ne peut arriver à la suppression des aiguilles que par tâtonnements, et on peut faire les mêmes remarques que pour les catégories d'appareils précédents.

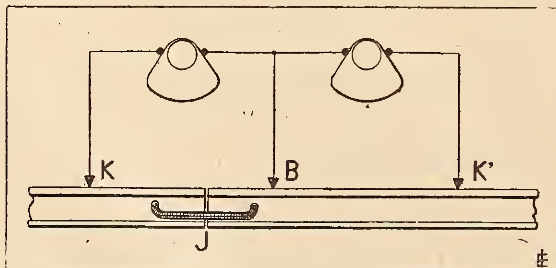


Fig. 7.

Nous avons, en outre, constaté que le système des trois prises de courant était défectueux; car si l'un des contacts K ou K' est mauvais dans cette méthode il en résulte que la lecture est grossièrement faussée. Cela arrive d'ailleurs fréquemment, parce que, à la main, la pression exercée n'est ni assez forte, ni assez uniforme. Pour que les résultats cessent d'être variables, il faut frotter très énergiquement les griffes de contact sur le rail, avant d'exercer une forte pression.

Nous avons pu démontrer ces différents inconvénients à l'aide d'un instrument de fortune que nous avions réalisé avec deux millivoltmètres reliés chacun à une double prise de courant comme sur la figure 8. Toutefois, ces doubles prises pouvaient être serrées très énergiquement à l'aide d'un dispositif spécial. L'une d'elles s'appliquait au-dessus du joint et l'autre sur le rail plein.

Si l'on procédait à des mesures en appliquant les prises de courant à la main, on trouvait parfois des chiffres très différents, variant du simple au triple, tandis que, avec le serrage mécanique, les résultats restaient identiques. Enfin, si avec les instruments à joints ordinaires on n'obtenait aucun résultat sur la ligne Invalides-Versailles, on ne rencontrait aucune difficulté avec cet appareil rudimentaire. Il exigeait cependant la présence de deux opérateurs pour faire la lecture simultanée des deux millivoltmètres, ce qui était inacceptable dans la pratique.

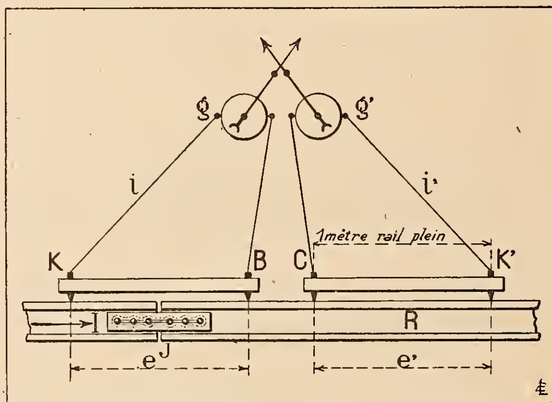


Fig. 8.

Examinons néanmoins la façon dont fonctionne cet appareil; il est représenté par la figure 8. On peut écrire :

$$JI = gi',$$
$$RI = g'i'.$$

J, résistance du joint;
R, résistance de 1 m. de rail plein;
g, résistance du millivoltmètre, côté joint;

g', résistance du millivoltmètre, côté rail;
i, intensité dans le millivoltmètre g;
i', intensité dans le millivoltmètre g';
α, déviation du galvanomètre g (proportionnelle à i);
α', déviation du galvanomètre g' (proportionnelle à i').

On en déduit

$$\frac{J}{R} = \frac{g}{g'}\frac{i}{i'} = k\frac{g}{g'}\frac{\alpha}{\alpha'} = K\frac{\alpha}{\alpha'},$$

d'où

$$J = KR\frac{\alpha}{\alpha'}.$$

Mais on peut encore écrire

$$J = K\frac{\rho\, 10^2}{s}\frac{\alpha}{\alpha'} = \frac{\rho\, l\, 10^2}{s},$$

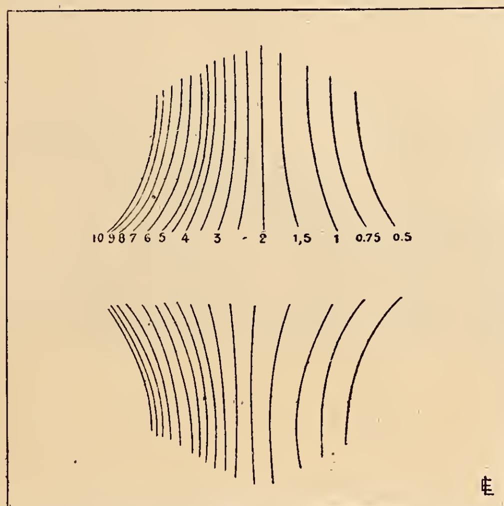


Fig. 9.

en appelant ρ, résistivité du rail plein essayé; l, longueur équivalente du joint en mètres de rail plein; s, section du rail plein. On a donc finalement

$$l = K\frac{\alpha}{\alpha'},$$

formule qui donne la longueur l en mètres du rail plein équivalente au joint essayé.

Si l'on réunit dans un même appareil les deux équipages des millivoltmètres, les deux aiguilles qui mesurent α et α' se croisent devant un cadran et leur point d'intersection permettra de faire une lecture. Si l'on a préalablement tracé sur le cadran un réseau de courbes correspondant à des valeurs déterminées et graduées de l lorsque α et α' varient, ce réseau permettra de lire directement la valeur de l donnée par le point de croisement des aiguilles.

C'est le principe même indiqué par Ferrié et qui a été réalisé par la maison Carpentier dans un cer-

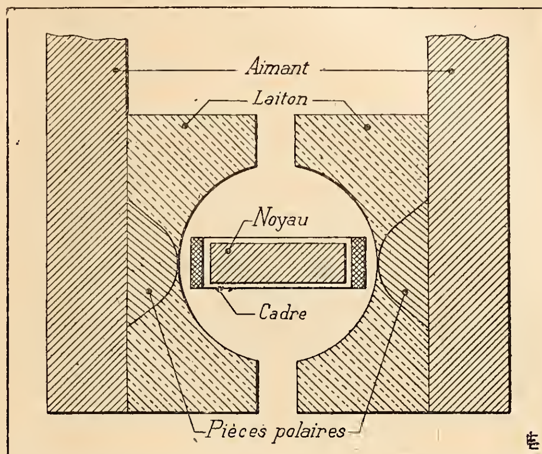


Fig. 10.

tain nombre d'instruments de mesures et, en particulier, dans un récent ohmmètre.

Le nouvel appareil à joints était donc trouvé. Il a été construit par la maison Carpentier. Il est

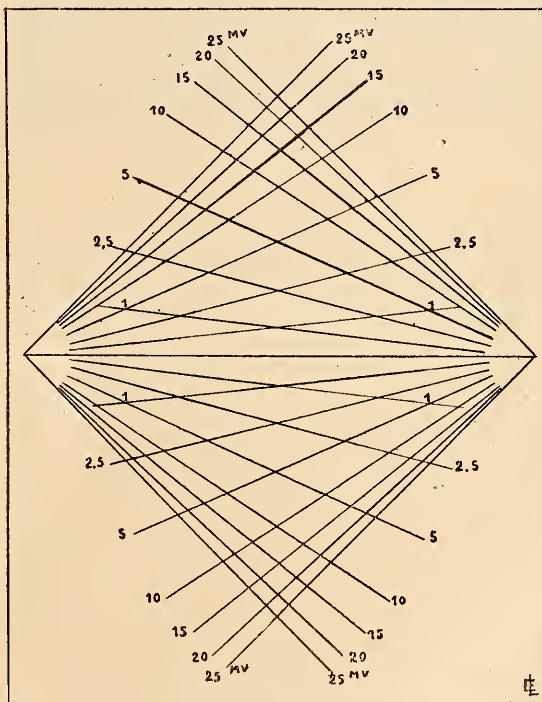


Fig. 11.

gradué en *mètres de rail* et donne par la lecture directe la résistance du *joint* en *mètres de rail*

*

Il porte deux commutateurs à deux directions reliés à chacun des galvanomètres. Dans la position marquée 5, chaque commutateur met en série avec le galvanomètre correspondant une résistance qui diminue 5 fois sa sensibilité. Le commutateur « rail » étant sur 5, on divise les lectures par 5; le commutateur « joint » étant sur X5, on les multiplie par 5.

Les deux millivoltmètres sont semblables et isolés pour 600 volts. Leur cadre est bobiné en gros fil, leur résistance est de 1,7 ohm. Ils donnent leur déviation maximum pour 44 milliampères ou 7,5 millivolts.

La courbe 1 *mètre* serait située dans l'axe, si l'on n'avait, pour diminuer la partie du cadran couverte par les courbes inférieures à 1 *mètre*, ce qui est en général le cas le moins fréquent, diminué la sensibilité du galvanomètre « joint » par une résistance égale à la sienne placée en série. De cette façon, c'est la courbe 2 *mètres* qui se trouve dans l'axe, ainsi que le montre la figure 9.



Fig. 12.

Afin d'éviter toute détérioration de l'appareil, lorsque le courant qui circule dans le rail est trop intense ou lorsqu'on rencontre un mauvais « joint », on a donné au noyau et aux pièces polaires des formes spéciales, pour que les millivoltmètres aient leur maximum de sensibilité au voisinage du zéro (fig. 10).

La courbe des millivolts aux bornes des appareils en fonction de l'angle de déviation est donnée par la figure 11. L'examen de cette courbe montre que cette disposition spéciale des pièces polaires permet de faire des mesures plus précises que celles qui seraient faites avec un appareil dont les déviations seraient proportionnelles aux millivolts.

Quant à l'appareil de prise de courant à serrage instantané, c'est également une partie importante de l'appareil, parce que c'est de la façon dont sont effectuées les prises de courant que dépend la valeur des indications trouvées. On a vu, en effet, que les anciens modèles ne donnaient pas toujours des résultats concordants, par suite de l'insuffisance de leurs prises de courant. C'est pour la même raison que la valeur des joints était à peu près impossible à obtenir sur la ligne Invalides-Versailles. Cela était dû à une particularité de cette voie, que nous supposons, d'ailleurs, être commune à toutes les voies électriques parcourues aussi par des trains à vapeur. Il semble que la nature de la surface du rail de roulement n'est pas la même que celles des voies spécialisées à la traction électrique. La surface de ces dernières a l'air parfaitement propre et nettoyée par le passage du courant,

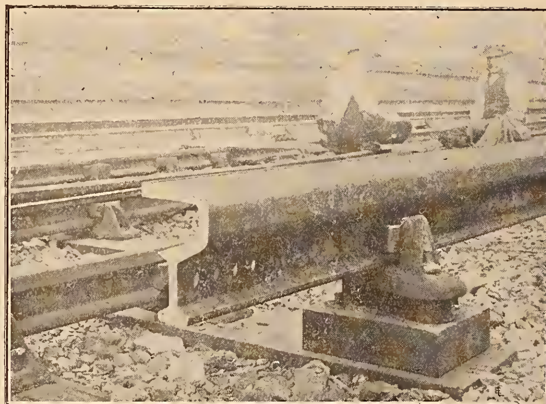


Fig. 13.

tandis que, dans le premier cas, la couche superficielle du rail paraît oxydée en même temps qu'elle est très difficile à gratter et à percer. Les nouvelles prises de courant remédient complètement à ces inconvénients.

Il est, en outre, indispensable que ces prises de courant se mettent en place automatiquement pour la rapidité du fonctionnement et s'enlèvent de la même façon, sans aucune difficulté, pour éviter aux agents toute cause d'accident.

L'étude de cet appareil très simple a été néanmoins laborieuse, parce qu'il se présentait une difficulté résultant de l'emploi sur le réseau de l'Etat d'un grand nombre de types de rails différents munis d'éclisses mécaniques différentes. On a dû renoncer, à cause de cela, à trouver un appareil pouvant convenir dans tous les cas. On est arrivé finalement à combiner un instrument composé de deux parties (fig. 12) pouvant servir pour tous les rails de roulement, ainsi que pour le rail d'alimentation Invalides-Versailles. On a, en outre, exécuté pour le nouveau type de rail d'alimentation de

76 kg (fig. 13) un deuxième appareil représenté par la figure 14.

La figures 18 représente le mode d'emploi de l'appareil.

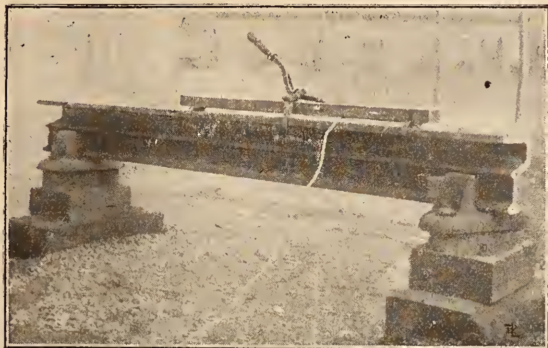


Fig. 14.

Il est intéressant de faire maintenant un certain nombre de remarques concernant les joints et leur mesure :

La résistance électrique d'un joint est la résistance ohmique comprise entre les extrémités les plus éloignées de l'éclissage, puisque l'éclissage électrique et l'éclissage mécanique concourent en même temps à la conductibilité de la voie. Toutefois, nous avons constaté que, lorsque l'éclissage électrique manque, l'éclisse mécanique seule correspond à une longueur de rail plein comprise généralement entre 50 et 100 m., alors qu'une bonne éclisse électrique recouverte par l'éclisse mécanique varie de 1 m. à 10 m. au plus. On voit donc que

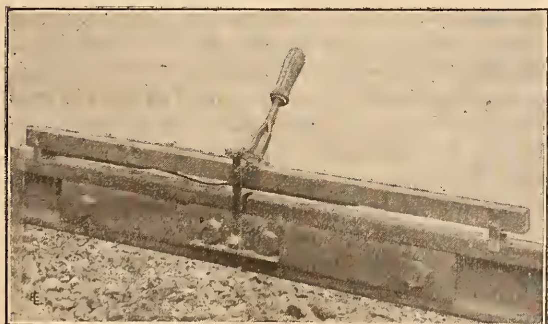


Fig. 15.

l'éclisse mécanique n'ajoute sensiblement rien comme conductibilité à l'éclisse électrique, et qu'on peut la négliger complètement dans tous les cas.

Il en résulte que la résistance électrique d'un joint doit être définie par la résistance ohmique de la longueur de la voie comprise entre les points extrêmes de l'éclissage électrique (fig. 17 et 18).

Comme la longueur des éclisses électriques est variable suivant le type employé, et comme,

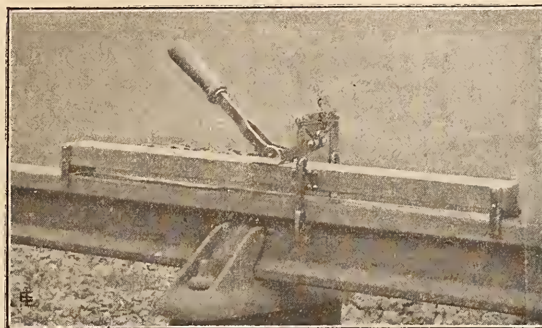


Fig. 16.

d'autre part, il est indispensable pour la solidité de l'appareil, pour la rapidité des manœuvres et pour l'obtention de bons contacts, que les doubles prises de courant soient fixes, on a choisi la distance de ces dernières égale à 1 m., aussi bien pour la double prise du joint (fig. 15) que pour la double prise du rail plein (fig. 16).

D'ailleurs cette longueur de 1 m. est très convenable parce qu'on peut employer, pour confectionner l'appareil, des pièces de bois pas trop flexibles, permettant néanmoins un léger déplacement des griffes de contact, — condition essentielle pour une bonne prise de courant, — tout en exerçant sur celles-ci une très forte pression.

Il résulte des explications qui précèdent que la lecture de l'appareil ne donne pas toujours la mesure directe. Deux cas sont à envisager :

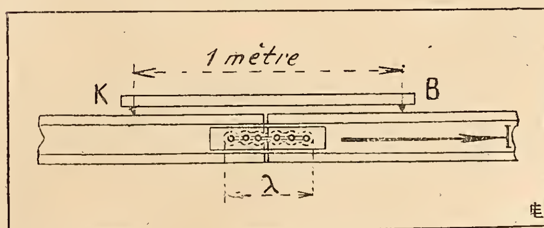


Fig. 17.

1° La distance λ des points extrêmes de l'éclissage électrique est inférieure à 1 m. (fig. 17).

Dans ces conditions, si l'on appelle :
l la longueur en mètres lue à l'appareil,
λ la longueur en mètres des joints extrêmes de l'éclissage électrique,

Fig. 18. — Vérificaiion d'un joint de rails.

x la longueur équivalente du joint, on doit écrire

$$x + (1 - \lambda) = l,$$

d'où

$$x = l - (1 - \lambda).$$

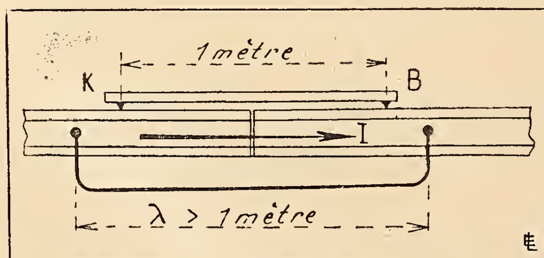


Fig. 19.

Ainsi, pour une éclisse de 0,40 m., l'appareil indiquant une longueur équivalente de 2,70 m., la valeur réelle du joint sera de 2,10 m.

2° La distance des points extrêmes de l'éclissage électrique est supérieure à 1 m. (fig. 19).

Dans ce cas, il va de soi que la valeur réelle du joint est celle donnée par l'appareil.

La première utilisation de cet appareil a été de comparer le résultat donné par lui avec celui obtenu, sur une longueur de voie de 4 km., par la dernière méthode précédemment décrite. La valeur moyenne des joints, comme nous l'avons vu, avait été trouvée égale à 2,60 m. et la moyenne des chiffres donnés par l'appareil fut de 2,75 m. Mais, bien que ces deux valeurs fussent équivalentes, toutes les valeurs furent comprises entre 0,35 m. et 2,70 m., sauf les 10 joints suivants :

3 joints de 80 m (éclisses électriques manquant) ;

1 joint de 10 m. (trous de rail d'un diamètre trop grand) ;

4 joints de 20 m. (éclisses insuffisamment fixées) ;

2 joints de 5,50 m. (éclisses insuffisamment fixées).

Après remise en état des éclisses mauvaises, la moyenne fut ramenée à 1,60 m.

On voit, par cet exemple, toute l'importance de la détermination des valeurs individuelles des joints.

Il nous reste maintenant à indiquer qu'avec cet

appareil on peut, en général, vérifier dans le même laps de temps 6 à 7 fois plus de joints qu'avec l'ancienne méthode.

Pour fixer les idées, nous avons constaté pratiquement que le temps nécessaire à la vérification de la ligne Invalides-Versailles, qui aurait été antérieurement d'une centaine de jours, n'est plus, à l'heure actuelle, que d'une quinzaine de jours.

Les personnes qui, par préférence ou par habitude, désirent continuer à opérer en prenant les contacts par simple pression de la main, peuvent également le faire avec ce nouvel appareil, en supprimant le dispositif de serrage mécanique.

Nous ne croyons pas, cependant, que cet ancien procédé soit suffisant, étant donné que, par l'intermédiaire de tels contacts, il s'agit de mesurer des résistances dont les ordres de grandeur sont compris entre 50 et 500 microhms.

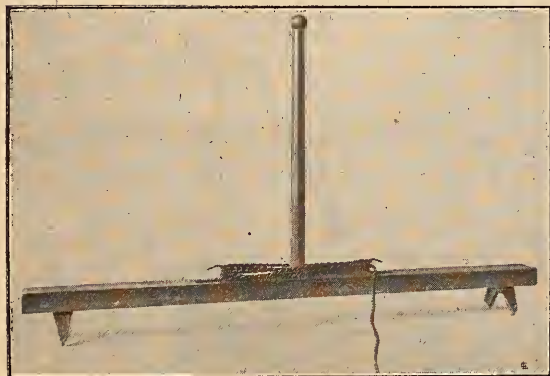


Fig. 20.

En ce qui concerne le paragraphe 2 de l'arrêté, nous pouvons, à l'aide de ce nouvel appareil, déterminer la perte de charge dans les voies. Il suffit pour cela de graduer le millivoltmètre « rail » en millivolts. On lit alors sur cette graduation, tout en vérifiant les joints d'un kilomètre de voie, par exemple la plus grande valeur obtenue. De cette dernière quantité et de la connaissance de toutes les valeurs des joints, on en déduit la plus grande valeur de la perte de charge sur ce kilomètre.

On peut aussi, par le graphique des trains, déterminer les points du réseau et les heures de la journée où la charge atteint la valeur la plus petite, la valeur moyenne et la valeur la plus grande. Des différentes indications de l'appareil, on peut alors déduire la valeur moyenne de la perte de charge sur le réseau.

Il faut remarquer que cette perte de charge est extrêmement variable avec l'état de l'atmosphère, et qu'elle devient d'autant plus faible que l'isolement des rails est précisément moins bon.

L'importance de cette perte de charge dépend d'ailleurs surtout de la situation de la ligne par rapport aux entreprises étrangères, aux ouvrages et aux différents appareils qui pourraient avoir à souffrir de son voisinage.

C'est précisément ce qu'indique le paragraphe 6 de l'arrêté du 21 mars 1911 :

« Aussi longtemps qu'il n'existe pas de masses « métalliques dans le voisinage des voies, une « perte de charge supérieure aux limites fixées « au paragraphe 2 peut être admise, à condition « qu'il n'en résulte aucun inconvénient et en « particulier aucun trouble dans les communi- « cations télégraphiques et téléphoniques, ni dans « les lignes de signaux de chemins de fer. »

En dernier lieu, nous indiquerons un avantage considérable de ce nouvel appareil : c'est que, tout en donnant, par une lecture très facile et très rapide, des résultats exacts, il peut être mis entre n'importe quelles mains, même non exercées. On ne peut en faire autant avec les autres appareils, dans lesquels il y a toujours pour la lecture une question d'appréciation.

Enfin, à tout instant, il est possible de vérifier si l'instrument est exact ; il suffit pour cela de poser les deux prises de contact sur le rail plein et de constater que l'appareil indique la valeur de 1 mètre. L'opération est instantanée.

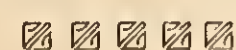
Nous devons ajouter que, plus récemment, une prise de courant beaucoup plus simple, et d'un emploi plus général, a été étudiée et exécutée ; elle est représentée par la figure 20 ci-contre. Elle est basée sur la constatation faite qu'il est bien moins difficile de prendre les contacts sur les côtés des boudins de rails que sur la table de roulement elle-même.

Son fonctionnement est des plus simples : on pose les mâchoires armées de dents de scie à cheval sur le boudin du rail et on donne à l'appareil un léger mouvement de va et vient de façon que les dents pénètrent légèrement dans le métal. Le contact se fait instantanément (1).

G. LEBAUPIN,
Chef du Laboratoire Electrotechnique des chemins de fer de l'Etat.

---

(1) L'appareil décrit dans cette note, avec ses prises de courant, est construit par la maison Carpentier, rue Delambre, Paris.

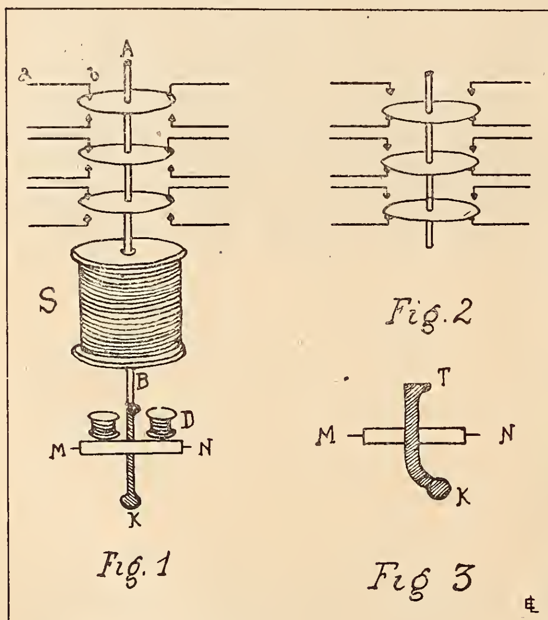


La Signalisation électrique

DU CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN DE PARIS

Dans l'état actuel de la traction électrique, on peut dire que la capacité d'une ligne métropolitaine, c'est-à-dire son débit de transport, est limitée par la signalisation, seul obstacle à une succession plus rapprochée des trains. Nous décrivons ici la signalisation du métropolitain de Paris.

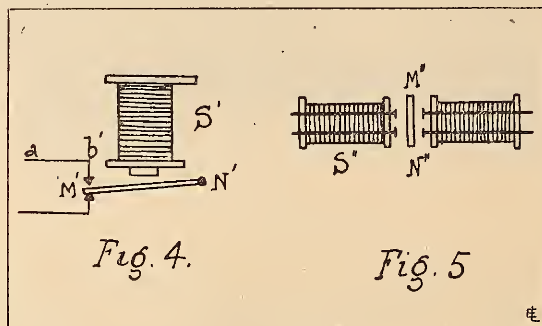
Les systèmes de signaux électriques sont très nombreux et varient plus ou moins suivant le genre du courant d'alimentation et suivant les systèmes de relais. La Compagnie du chemin de fer métropolitain de Paris avait adopté dès le début le système « Hall », caractérisé par sa pédale actionnée par les roues des voitures lors de leur passage au niveau du levier perpendiculaire à la voie.



Malgré ses avantages énormes, ce système présente des inconvénients dont le principal consiste en l'entretien minutieux des batteries de piles. On avait fait appel aux piles Daniell pour engendrer le courant nécessaire au fonctionnement des relais; l'entretien de ces piles nécessitait des quantités de sulfate de cuivre. Cette matière ayant augmenté énormément depuis la guerre et d'autre part l'Angleterre étant seule à nous la procurer, la Compagnie du chemin de fer métropolitain de Paris a successivement remplacé, sur les lignes où il était encore en service, le système Hall par un système utilisant le courant de traction, dit système « Métro », dû en grande partie aux travaux de son distingué ingénieur, M. Dardeau. C'est d'ailleurs ce système que nous allons décrire en détail.

Avant d'aborder le système « Métro », nous allons donner un exposé bref des différents appareils que nous rencontrerons au cours de notre étude.

Tout d'abord le relais même. Il comporte la bobine S (fig. 1) et la tige AB qui peut se déplacer à l'intérieur de haut en bas et vice versa. Sur la tige, et isolée d'elle par des tubes d'ébonite, sont disposés parallèlement trois plateaux circu-



laires P en cuivre. Ces plateaux sont en contact avec des pièces telles que *ab*. Dans la position de la figure 1, le relais est dit *haute*, parce que les plateaux P touchent aux contacts disposés au dessus d'eux. Dans la position de la figure 2, le relais est *bas*, car les plateaux touchent aux contacts disposés au dessous d'eux. En bas de la figure 1 se trouvent les bobines D, nommées bobines de déverrouillage; elles peuvent attirer une armature MN (fig. 3) qui porte d'un côté un contrepoids K, de l'autre côté la partie plate T. En dehors du relais proprement dit, nous aurons fréquemment à nous occuper de l'inverseur.

Cet inverseur se compose d'une bobine S' (fig. 4), d'une armature M'N' et de contacts tels que *a'b'*. Le lecteur voit que l'inverseur peut être *haut*

ou *bas* suivant que l'armature ferme le contact du haut ou du bas.

Un autre modèle d'inverseur est utilisé presque dans chaque poste. Il comporte deux bobines S″ au-dessus desquelles sont disposés les contacts. Selon que le courant passe dans l'une ou l'autre des bobines, l'armature M″ N″ est attirée soit à droite soit à gauche et relie l'une ou l'autre des paires de contacts placés au-dessus des bobines.

Etudions maintenant le fonctionnement du *block-system* dit *Métro*. Chaque station comprend deux postes, celui d'entrée et celui de sortie; il y a en outre les postes intermédiaires, terminus et tête de ligne. A chaque poste correspond un signal que nous appellerons signal d'entrée, de sortie, etc. Les signaux peuvent être éclairés rouge ou blanc; dans le premier cas, il est à l'arrêt; dans le second, il est à voie libre.

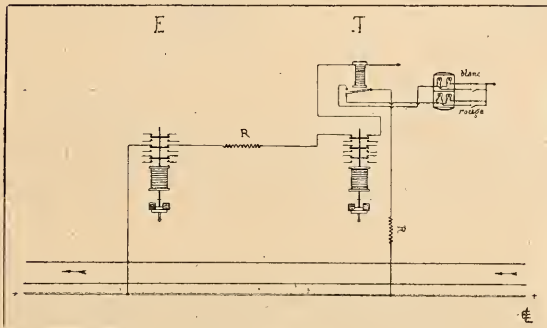


fig. 6

Supposons qu'un train quitte la tête de ligne, quel circuit parcourt le courant ? Tout d'abord, nous ferons remarquer que dès que le courant est remis sur les rails tous les signaux sont éclairés et à l'arrêt. En effet, voyons le chemin que suit le courant alimentant un signal quelconque éclairé rouge (fig. 6). Rail de traction au poste T, résistance R, armature de l'inverseur, lampe du signal et négatif (qui est le rail de roulement). L'éclairage de tous les autres signaux est identique à celui-ci.

Le seul signal qui est à voie libre lorsqu'il n'y a pas de train est le signal tête de ligne. Suivons le circuit sur la figure nº 7. Rail de traction au poste E, deuxième contact haut du relai au poste E, résistance R′, premier contact haut au poste T, bobine d'inverseur au poste T et négatif. La bobine de l'inverseur étant excitée, elle attire l'armature MN et ferme ainsi le contact haut, le signal est alors éclairé au blanc, son circuit est : rail de traction au poste T, résistance R, armature MN contact haut, lampes blanches et négatif.

Le signal de tête de ligne étant à voie libre, la rame peut quitter la station, voyons ce qui se passe alors. Le train part de la gare terminus et lorsque les frotteurs de la motrice passent à la hauteur de la barre B, ils mettent cette dernière en communication avec le positif du courant de traction et alimentent le circuit des relais. Tout d'abord ce courant excite les bobines de déverrouillage D, en suivant le circuit suivant : (fig. 7) : barre B, résistance R, bobine D et négatif. Elles attirent l'armature MN. La tige du relai n'étant plus maintenue par la partie plate T tombe et ferme par ses plateaux les contacts bas. Le courant parcourt le chemin suivant : barre B, résistance R, contact *ab*, bobine d'annonce S″ et négatif. La bobine S″ attire alors la palette M″N″ qui ferme le circuit de l'inverseur du poste E par le chemin suivant : Positif poste S, deuxième contact haut du relais de sortie S, résistance R¹ poste E, premier contact haut du relais poste E, contacts M″ N″ d'annonce, bobine d'inverseur poste E et négatif. La bobine d'inverseur étant excitée attire la palette en haut et met le signal du poste E au blanc par le circuit suivant : positif, résistance R″, armature de l'inverseur poste E, contact haut, lampes blanches du signal et négatif.

Le train trouvant ce signal à voie libre entre en gare et les frotteurs de la motrice prennent contact avec la barre B disposée à l'entrée de la gare, qu'ils mettent sous tension. Le passage de ce courant produit les résultats suivants :

1º Déverrouillage du relais du poste E par le circuit : barre B au poste E, bobine de déverrouillage D au même poste, bobine droite d'annonce du poste E et négatif.

2º Le relais E étant tombé, un autre circuit dit de relevage en arrière se ferme par le troisième contact bas du relai E, la bobine S du relais au poste T et le négatif.

3º En même temps un autre circuit dit d'annonce est fermé par le troisième contact bas du relais du poste E, la bobine gauche d'annonce du poste S et le négatif.

La bobine S du poste T étant excitée, la tige AB est attirée, le contrepoids P fait revenir l'armature MN en arrière et la tige AB vient reposer sur la partie plate T. Tout est ainsi redevenu normal au poste T.

Revenons au poste S. La bobine de gauche d'annonce étant excitée, le signal du poste S se met à voie libre par le circuit analogue à celui décrit plus haut et que je rappelle : rail de traction au poste suivant dans le sens de la marche du train, deuxième contact haut à ce même poste, résistance R″ au poste S, premier contact haut au poste S, contact d'annonce poste S, bobine d'inverseur poste S et négatif. Le signal du poste S est au blanc. Le train quitte la gare et en passant sur la barre correspon-

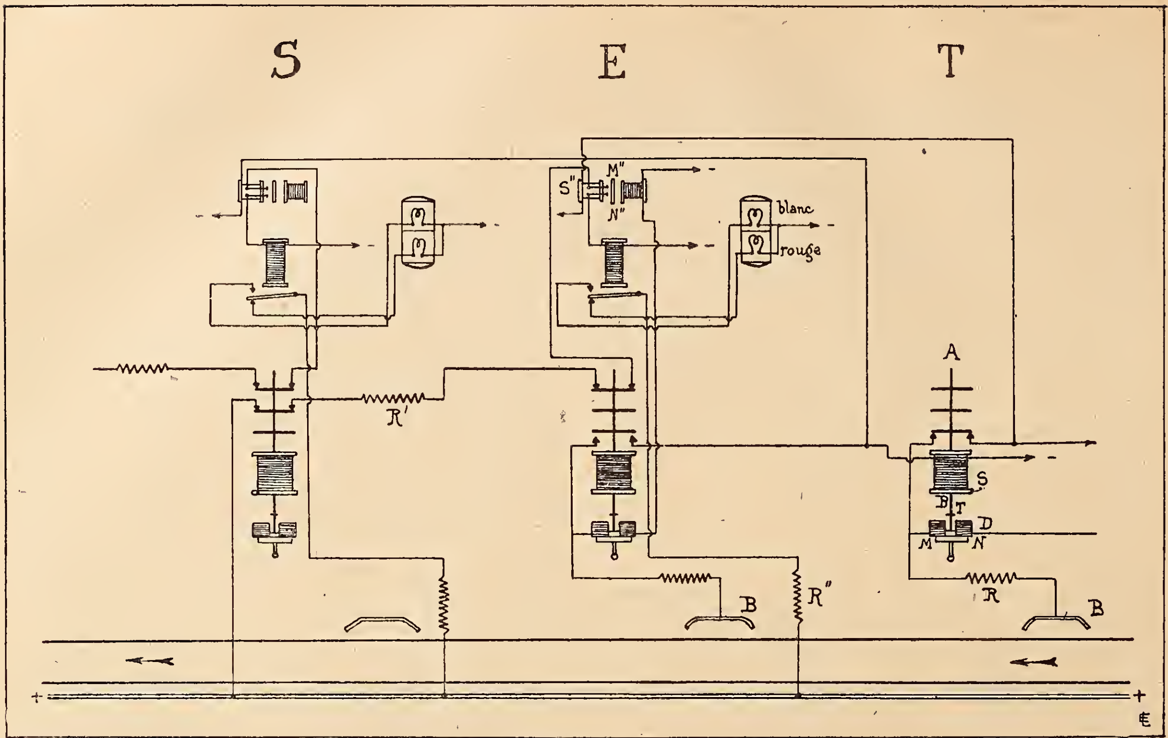


Fig. 7

dant au poste S, il la met sous tension et reproduit exactement ce qu'il a produit en passant sur la barre du poste précédent, c'est-à-dire : fait tomber le relais local, défait l'annonce du poste local, fait l'annonce du poste en avant et relève le relais au poste en arrière. Toutes ces opérations se reproduisent tout le long de la ligne jusqu'au poste avant terminus.

Le lecteur se rend donc bien compte que, pour un fonctionnement régulier, tout train est couvert en arrière par deux signaux au rouge. En effet, chaque relais comporte deux contacts hauts : le premier correspond au signal local et le deuxième au signal en arrière. Or un train arrêté soit en pleine voie, soit dans une gare, a fait tomber le relais de sortie dans le premier cas, celui d'entrée dans le second et de toute façon, comme nous l'avons expliqué plus haut, deux signaux voisins en arrière sont à l'arrêt. Une exception accidentelle peut se produire si un train passant sur une barre d'entrée ou de sortie ne la met pas en charge par suite de la fusion du fusible placé entre la barre B et le poste, ou par suite de rupture d'un conducteur de signal, ou pour toute autre cause. Ledit train trouvera alors à l'arrêt le signal en avant et ne relèvera pas le relai en arrière, ce qui entraîne la mise à l'arrêt de deux signaux.

Le fonctionnement des signaux avant terminus et terminus est distinct de celui des autres à cause de la nécessité pour le chef de gare de pouvoir recevoir les trains soit sur une voie, soit sur une autre; il dispose d'une clef de manœuvre et est averti de l'arrivée des trains dans la gare avant terminus par une sonnerie.

Le train en passant sur la barre du poste E, précédant le poste avant terminus, fait tomber le relais E et par le troisième contact bas du relais tombé fait tinter une sonnerie qui rappelle à l'agent qualifié qu'il faut mettre le signal avant terminus à voie libre. Le chef de gare manœuvre la clef vers le haut et de ce fait relève le relais terminus. Ce relais étant haut, le signal avant terminus se met à voie libre par un circuit décrit plus haut et que le lecteur peut suivre sur la figure n° 8. En passant sur la barre du poste avant terminus, il fait tomber ce relais, relève le relais en arrière, fait l'annonce au poste terminus et fait tinter la sonnerie. Le chef de gare baisse la clef de manœuvre et met à voie libre le signal entrée terminus. Le circuit est : rail de traction au poste terminus, résistance r, deuxième contact bas de la clef de manœuvre, premier contact haut du relais au poste terminus, contact d'annonce, bobine d'inverseur et négatif. Le signal entrée terminus est alors à voie libre. Le train entre

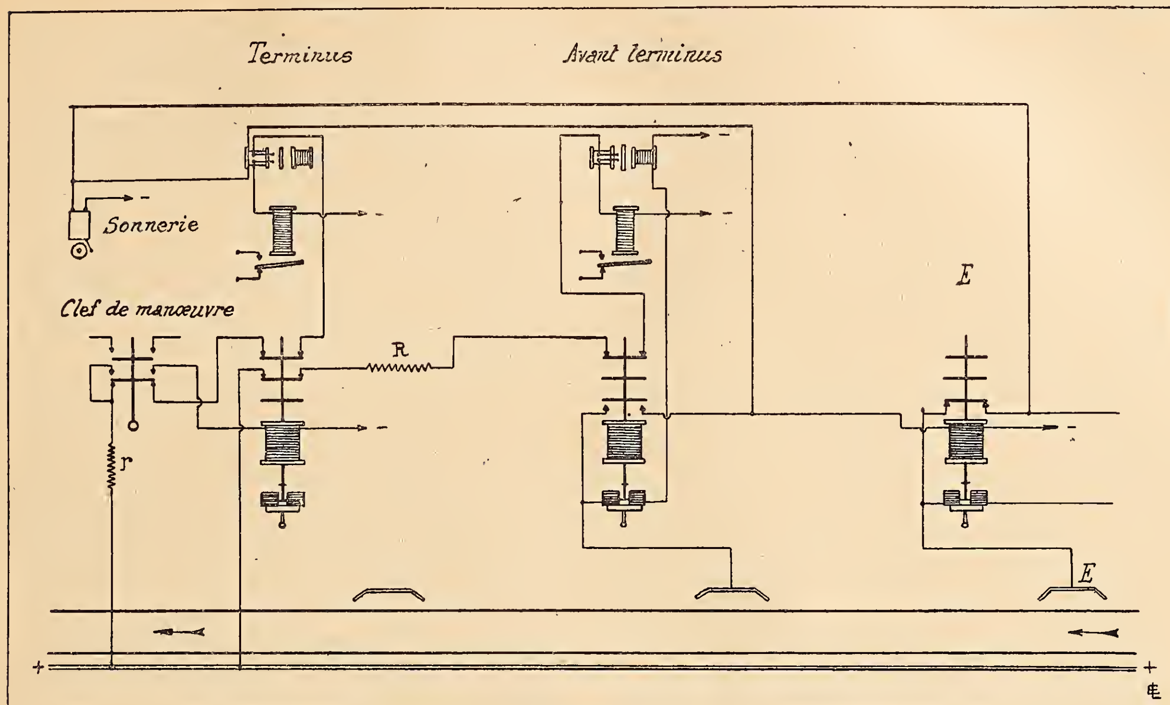


Fig. 8

en gare et fait tomber le relais au poste terminus, relève le relais au poste avant terminus, mais ne fait pas d'annonce puisqu'il n'y a pas de poste plus loin. De ce fait le relais du poste terminus resterait constamment tombé, mais, comme il est dit plus haut, c'est la manœuvre de la clef qui relève ce relais et rétablit les signaux.

Le système *Métro* est en service sur toutes les lignes, sauf : Vincennes-Maillot, Nation-Dauphine, Champerret-Gambetta; sur ces dernières on a appliqué quelques légères modifications. Le signal n'est plus éclairé rouge ou blanc, mais il a la forme d'une petite maisonnette continuellement éclairée et au rouge en temps normal. Lorsque l'annonce se fait et que la voie est libre, le courant, au lieu d'exciter comme dans le circuit « métro » la bobine de l'inverseur, vient exciter une bobine située dans le signal et qui attire un voyant qui masque la lentille rouge et fait apparaître la lentille blanche.

KOCH,
Ingénieur-électricien I. E. T.

La limite des recherches dans le champ ultra-atomique

De même que lorsque nous ramons contre le courant, nous nous reposons quelquefois un instant sur nos rames, et regardons autour de nous pour voir où nous sommes, nous pouvons ainsi accueillir dans le courant des affaires pratiques l'opportunité de nous attarder un moment dans l'eau plus calme d'une discussion négative et de prendre notre tranquillité de formules mathématiques, diagrammes et même de la confusion de nos rapides et variables progrès théoriques modernes.

C'est un fait qui mérite la réflexion que plus la pensée en science physique s'élève, plus elle s'approche de ces domaines que le physicien n'a pas, jusqu'à présent, regardés particulièrement comme les siens.

Aussi grande que puisse être notre foi dans l'avenir de la science, il nous faut bien reconnaître de suite qu'il doit y avoir une *limite définitive* aux connaissances qu'on peut atteindre de la nature dans ses dernières divisions.

Il existe une tendance, née de la fierté naturelle de l'esprit, pour nous assurer que nous repoussons graduellement cette barrière sous l'irrésistible pression des recherches.

La vérité est que la limite est immuable, inélastique, et notre connaissance est seulement capable d'expansion, parce que nous n'avons pas encore atteint cette limite en tous ses points.

Pendant bien des années, en dépit de patientes, habiles et intenses recherches, le problème de l'origine de la vie est resté sans réponse ou sans possibilité d'y répondre ; et là, nous avons probablement un exemple de la connaissance humaine poussée à la limite.

Ce qui est excellent, c'est le fruit des magnifiques travaux scientifiques des éminents Faraday, Maxwell, Hertz et Kelvin, aussi bien que ceux de la myriade de spécialistes qui peinent souvent inécoutés et ignorés dans le monde des laboratoires ; et déjà, au delà de la somme totale et de ses résultats, se projette cette sinistre barrière, et les *grandes inventions* ne sont souvent que des miettes jetées à l'humanité par des hommes dont les yeux sont fixés sur un but plus transcendant (Maxwell et la T. S. F.)

Nous savons qu'ils l'atteindront, mais que, malgré cela, ils seront comme des enfants questionnant l'univers. Comme un symbole à quoi peut arriver notre science, il y a l'histoire du savant professeur qui subissait l'épreuve commune à la plupart des parents, celle d'être questionné par un jeune enfant.

Les développements récents de la physique pure nous ont poussé dans une direction et nous conduisent vers la limite dans la recherche de ce *lingot d'or au bout d'un arc-en-ciel*, c'est-à-dire la structure finale de la matière, et je suggère ici que notre connaissance dans cette voie n'est pas loin du maximum que l'on peut obtenir.

Maintenant que la théorie électronique a ouvert apparemment un si vaste champ de recherches, cette suggestion peut avoir la saveur du pessimisme ; néanmoins, elle peut être justifiable, comme je l'ai dit, pour la *Biologie* qui, dans sa pleine vigueur, s'est arrêtée net, il y a longtemps, dans la direction de l'origine de la vie, et il n'y a pas de raison pourquoi la physique n'aurait pas presque atteint la limite du mouvement en avant dans chaque direction donnée.

Le pouvoir de s'étendre de côté ne doit pas être pris pour celui de progresser en avant.

La perspective d'un horizon intact vu du bas d'une colline n'implique pas nécessairement une descente facile vers une région ouverte, elle peut être le signe d'un ravin, d'un *cañon* infranchissable.

Quand bien même la moderne physique nous révèle de si prodigieuses vues et des perspectives si étendues, celles-ci peuvent fort bien ne pas être placées directement sur la voie du progrès.

La raison pour laquelle je pense que nous pouvons être près de la limite des connaissances que l'on peut atteindre de la structure finale est que (comme déjà exposé), la théorie physique dans cette direction devient *métaphysique*.

Ce changement est obligé de se présenter quand le physicien commence à réaliser que ses cinq sens sont devenus inefficaces pour saisir un problème, ou quand il veut empoigner avec des doigts matériels quelque chose de fuyant qui semble être situé au delà du monde à trois dimensions.

Les raisonnements mathématiques peuvent, bien entendu, conduire à des résultats inattaquables, fort en avance de toute preuve pratique, mais aussi longtemps que nous serons restreints par nos hésitations physiques, par notre dépendance absolue aux cinq sens, par l'obligation de substituer des chiffres pour des symboles algébriques ou pour des figures géométriques, nous ne serons guère avancés. Réellement, même à l'époque où nous sommes, quand par exemple le diamètre approximatif d'une molécule est (d'après Kelvin) compris entre 0,01 $\mu\mu$ et 2 $\mu\mu$ $\left(\mu = \frac{1}{1000} \text{ de m/m}\right)$, c'est-à-dire entre la centième partie d'un millième de millième d'un millimètre et deux fois le millième d'un millième de millimètre, les chiffres perdent leur signification et ne font aucun appel à notre idée de la grandeur.

De plus, manquant du pouvoir d'exécuter avec des instruments ces mesures inconcevablement minutieuses, nous sommes obligés de compter sur les résultats mathématiques qui peuvent être obtenus en travaillant d'après une base de données certaines et malgré cela, bien que la chaîne du raisonnement puisse être sans défaut, nous devons faire la supposition (l'hypothèse), — et c'en est une très audacieuse, — que *l'unité de la matière* obéit *aux mêmes lois comme le fait la matière en masses moléculaires.*

***

Je ne pense pas que tous les physiciens seront prêts à soutenir une pareille supposition.

L'universalité des lois naturelles n'est-elle pas elle-même une loi bien que jusqu'à présent, je crois, peu de faits ont été produits contre elle.

Toutefois, il faut tenir bien compte que les lois de la physique, comme elles ont été formulées pendant ces dernières années, ont traité seulement avec la matière considérée dans sa structure moléculaire et atomique de sorte que si ces lois emploient l'usage des mathématiques avec les

particules ultra-atomiques, il y aura au moins la possibilité d'une erreur à la racine d'un tel procédé. Un des besoins les plus importants de la physique actuelle est une explication satisfaisante de *l'éther*, c'est-à-dire une explication de ce qui est encore un intermédiaire purement hypothétique, et on a tendance à penser que le savant qui tente cela doit éprouver les sensations d'un homme près de quitter un solide terrain pour sauter dans un abîme inconnu. Néanmoins, le nombre enregistré de semblables tentatives serait considérable; une des plus notables théories de l'éther fut proposée par *Sir J. Larmor*, qui a commencé par supposer que l'éther était un fluide sans friction, possédant de l'inertie, et on dit qu'il a établi un projet de *physique moléculaire* dans lequel il trouve une explication de la plupart des résultats observés. Sans présomption de critiquer la supposition ou la théorie, on peut passer un juste commentaire qu'en établissant le postulat *d'un fluide sans friction possédant de l'Inertie*, il y a là un changement de terrain, de l'expérimenté à ce qui est et doit être en dehors de notre expérience, c'est-à-dire dans la région près de la ligne frontière marquant la limite de la connaissance qu'on peut atteindre, et où les lois de la matière commencent à s'évanouir et le physicien étend alors sa main vers la métaphysique. Dans un livre récent (1917) sur la physique, une simple théorie électronique de la conduction à travers les métaux est discutée, suivie par l'admission que les calculs conduisent à cette conclusion que, dans le cas de l'argent, la chaleur spécifique de ses électrons dans l'unité de masse serait considérablement plus grande que l'actuelle et déterminée chaleur spécifique de l'argent. Ici encore, si les calculs sont corrects et la théorie valide, les faits applicables à la matière dans l'état moléculaire ne sont pas favorables aux électrons (à la théorie électronique). Dans le même ouvrage, il est fait référence aux suggestions de *Sir J.-J. Thompson* que toute masse est électrique.

D'après ce point de vue, chaque masse est masse de l'éther, chaque quantité de mouvement (MV) est quantité de mouvement de l'éther, chaque énergie cinétique est énergie cinétique de l'éther, et plus encore, puisque la masse entière d'un corps est toute dans l'éther, *le corps est donc partout et chaque corps occupe l'espace occupé par chaque autre corps.*

Cependant les mathématiques montrent que la masse, quoique partout, est localisée avec intensité, car 1/100.000 (un cent millième) seulement de la masse est en dehors d'une sphère de mêmes dimensions qu'un atome ordinaire.

Maintenant les conclusions indiquées par les mots en italiques sont purement métaphysiques.

Enfin, le physicien arrive ici à perdre pieds et aussi, je pense, il se trouve en dehors de sa sphère légitime. De plus, beaucoup de tentatives ont été faites pour expliquer la structure électronique de l'atome, et toute explication de la sorte requerrait nécessairement une expression mathématique concernant l'action mutuelle des électrons.

Entre autres, il apparaît qu'une *répulsion* à faible distance, sans égard au signe, doit être expliquée et aussi les agrégations atomiques des électrons doivent être vues s'attractant les unes les autres, sans égard aux signes et à des distances qui sont grandes comparées avec d'autres et finalement en raison inverse du carré de la distance.

Cette insouciance forcée de la conduite conventionnelle des corps chargés est une autre indication que pour la physique ultra-atomique, les lois ordinaires ne sont pas valables.

Il y a des indications que les savants peuvent arriver à considérer l'éther lui-même comme la *substance primordiale* de l'Univers (Descartes); la matière comme elle nous est révélée par nos sens étant, soit une localisation ou concentration intense, soit une agrégation de centres d'efforts, la structure et la nature de l'éther restant inconnaissable. Ceci serait une assez noble conception pour prendre rang avec la doctrine de l'évolution. Heureusement pour le monde l'effort humain est infatigable, le champ dans lequel nous pouvons labourer est encore vaste.

Ce sera le devoir des générations à venir d'explorer les territoires prospectés par les pionniers.

Trad. A.-B.

E. Blake.
A. M. I. E. E.

Chronique - Extraits.

UN PROJET DE TRANSPORT à 220.000 volts.

Un projet intéressant vient d'être soumis récemment à la Pacific Coast Convention pour réaliser un système de transmission sur une échelle énorme réunissant les systèmes existant déjà en Californie. Il existe actuellement assez de données au sujet des lignes à haute tension en service pour que ce projet puisse être réalisé sans de trop sérieuses difficultés. D'ici six ou sept ans, à en juger d'après les chiffres actuels, la demande d'énergie électrique en Californie dépassera 1.000.000 de kw (environ le double de l'énergie actuelle).

Le projet prévoit comme nécessité économique la jonction de toutes les compagnies existantes au moyen d'un système de transmission à deux circuits s'étendant de la rivière Pitt au nord de Los Angeles, les lignes actuelles de Big Creek étant prises comme une des connexions du système. Une autre branche de la ligne principale de transmission s'étendrait vers l'est, à Phœnix, Ariz, de sorte que la longueur totale atteindrait 1.770 km. Un tel développement nécessiterait un chiffre total d'environ 1.500.000 kw.

Le voltage envisagé dans le projet est de 220.000 volts au lieu de 150.000 existant déjà dans le système de Big Creek. Un tel voltage peut être atteint sans danger avec les isolateurs actuels ; dans l'installation de Big Creek les incidents dus aux isolateurs ont été négligeables pendant les cinq années de fonctionnement.

La question de l'effet corona est plus sérieuse puisque dans certaines conditions atmosphériques (orage...) les pertes pourraient devenir fort gênantes, soit directement, soit par une influence sur le système isolant. Il serait à désirer que les effets corona soient étudiés sur une plus large échelle pour permettre l'adoption d'un facteur adéquat de sécurité.

Naturellement le courant de charge d'une telle ligne nécessiterait la présence de moteurs synchrones fonctionnant comme condensateurs.

Ce projet, si hardi qu'il soit, ne présente pas d'impossibilités au point de vue électrique ; les véritables difficultés seront d'ordre financier pour obtenir la réunion en une seule de toutes les installations existantes.

M. G.

Refroidissement des transformateurs par radiateurs.

La chaleur engendrée dans les transformateurs et par suite l'énergie absorbée, dépend de la puissance et du type de transformateur et varie autour de 5 % de la puissance totale absorbée, d'après la *General Elec. Review.*

Quelles que soient la forme et la tension d'un transformateur, son isolement intérieur est toujours fait avec des matières organiques ; la parfaite conservation de cet isolement est d'une importance vitale pour le transformateur. Dans la construction des transformateurs modernes les isolants employés sont : le coton, la papier, le vernis, le bois imprégéné, la fibre, l'huile, etc... Les expériences faites jusqu'ici ont démontré qu'un transformateur ne peut fonctionner d'une façon continue à une température supérieure à 105° sans compromettre gravement les isolants en question.

Si donc la chaleur engendrée dans le transformateur n'est pas dissipée d'une façon appropriée il se produit rapidement dans les enroulements des points surchauffés qui causent la plus ou moins rapide carbonisation de l'isolement et rendent inévitable la détérioration de l'appareil.

L'huile est employée presque partout pour dissiper cette chaleur, mais elle ne joue qu'un rôle de convection, c'est-à-dire qu'elle envoie la chaleur du point surchauffé à quelque agent réfrigérant.

A ce point de vue on peut distinguer deux classes de transformateurs : ceux à refroidissement naturel et ceux à refroidissement artificiel. Dans les premiers la chaleur est dissipée par rayonnement direct et par circulation naturelle d'air, dans les seconds par circulation forcée d'air ou d'eau. Dans le présent article il ne sera question que des premiers.

Un transformateur à refroidissement naturel représente une unité électrique « self contained », ne demandant aucune surveillance pendant le fonctionnement. Les petits transformateurs jusqu'à 50 kva sont placés simplement dans une caisse lisse en fonte, dont la surface doit être suffisante pour transmettre à l'air la chaleur produite dans le transformateur et sans prendre de température excessive. Si la masse du transformateur augmente, sa production de chaleur augmente comme le cube de ses dimensions, tandis que la surface de la caisse augmente seulement comme le carré ; il faut donc alors accroître artificiellement la superficie rayonnante exposée à l'air.

La figure 1 donne divers moyens employés jusqu'ici pour obtenir un tel accroissement de surface, soit en employant des parois nervurées, soit en faisant les caisses en tôle ondulée.

Pour les transformateurs de 1.500 à 3.000 k.v.a. on a employé souvent des caisses en tôle d'acier auxquelles sont appliquées extérieurement une ou plusieurs rangées de tubes.

La commodité d'avoir des transformateurs entièrement indépendants de moyens artificiels de circulation d'air ou d'eau et le fait que les installations modernes exigent toujours des puissances

de plus en plus fortes ont conduit à perfectionner ces méthodes de refroidissement devenues insuffisantes. Le problème consistait à exposer un volume suffisant d'huile à l'air ambiant de façon à obtenir une surface effective de la caisse plus grande que celle qui pouvait être obtenue avec une triple rangée de tubes. On y est parvenu au moyen de caisses à radiateurs.

Une caisse à radiateurs comporte une caisse principale à laquelle sont fixés des radiateurs spéciaux dans lesquels circule l'huile. Un bon radia-

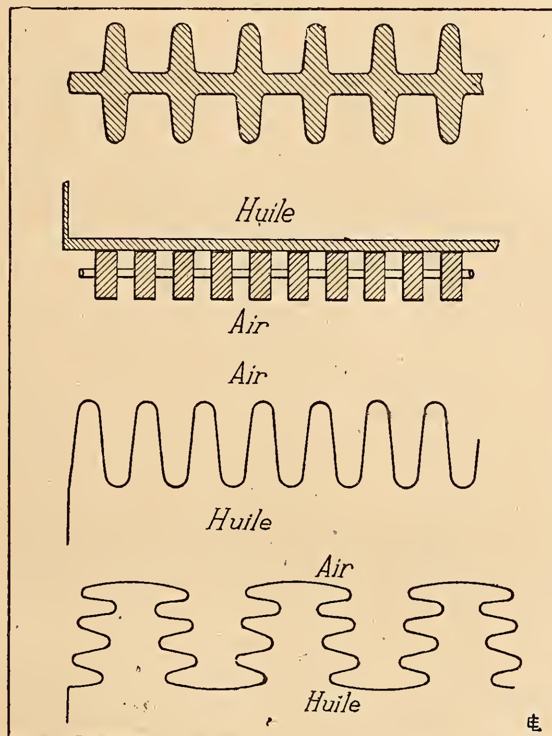


fig. 1

teur doit satisfaire aux conditions suivantes :

1° Il doit être absolument étanche à l'huile, ce qui n'a pas lieu pour les radiateurs ordinaires qui sont cependant étanches à l'eau et à la vapeur. Il a donc fallu étudier différents systèmes de construction et l'on a finalement adopté le radiateur en tôle d'acier *complètement soudé et sans joints.*

2° Il doit être léger, autre raison pour laquelle on préfère l'acier étampé plutôt que la fonte.

3° Il ne doit pas présenter des poches d'air nuisibles à l'huile et au radiateur.

4° Il ne doit pas présenter des angles morts pour l'huile, c'est-à-dire des points où celle-ci resterait sans circuler, ce qui réduirait le rendement du radiateur et favoriserait la formation de dépôts.

5° Il doit offrir intérieurement une circulation facile à l'huile et extérieurement à l'air. Ceci est obtenu en employant des éléments à tube aplati, placés au-dessus et au-dessous de collecteurs et qui laissent entre eux suffisamment de place pour l'air. La circulation doit se faire automatiquement

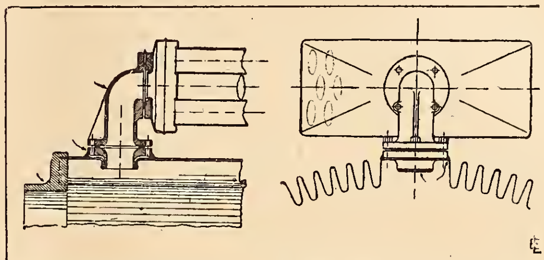


fig. 2

comme dans les thermo-siphons ordinaires, puisque le refroidissement dans le radiateur produit un courant descendant.

6° Les radiateurs doivent pouvoir se détacher facilement de la caisse.

7° Ils doivent être parfaitement interchangeables.

Les divers types de radiateurs construits, bien

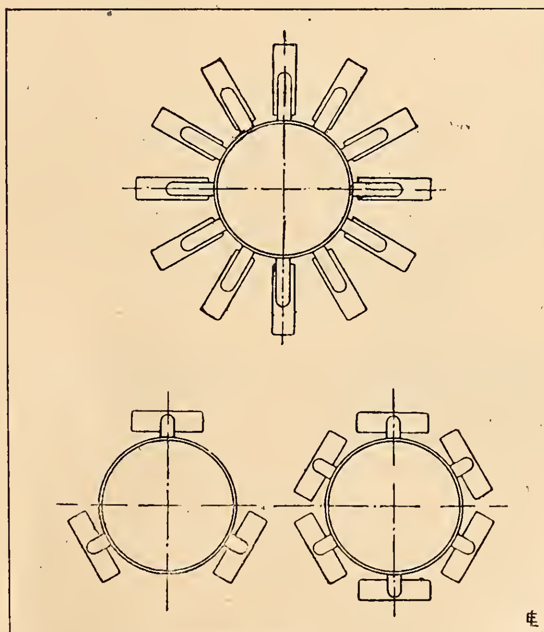


fig. 3

qu'étant diversement groupés, sont tous en acier étampé et formés comme nous l'avons dit d'une série de tubes plats soudés en haut et en bas au collecteur horizontal. Les collecteurs sont munis

d'une bride de type unique pour l'attache des coudes réunissant le radiateur à la caisse.

La figure 2 montre clairement la jonction d'un radiateur à la caisse dans le cas où celle-ci est en tôle ondulée, Si la caisse est en tôle ordinaire cette jonction se fait encore plus simplement.

Pour pouvoir adapter les radiateurs aux transformateurs de dimensions variées, on les fait de diverses longueurs et d'un nombre différent d'éléments; les facteurs que l'on peut combiner pour obtenir suivant le cas une superficie donnée de refroidissemens sont au nombre de trois : nombre de radiateurs, longueur, nombre des éléments par radiateurs.

Si le nombre des radiateurs est petit, ils peuvent se placer tangentiellement à la caisse (fig. 3); sinon ils se placent dans le sens radial et dans ce cas il faut faire la caisse en tôle pleine de plus grande épaisseur.

Comme exemples signalons un transformateur monophasé récent construit par le General Electric Company, pour 8.000 kva et 25 périodes; c'est le plus grand transformateur à refroidissement naturel; il est en tôle ordinaire, porte 24 radiateurs radiaux. La superficie totale rayonnante ainsi obtenue atteint 645 mètres carrés.

M. G.

Pratique Industrielle.

RÉGLAGE ET ÉTALONNAGE d'un compteur monophasé.

En réponse à une demande parue dans notre Tribune (nº 85)), un de nos lecteurs a bien voulu nous adresser la note ci-dessous ;

CAS D'UN COMPTEUR A PRISES DIRECTE

Brancher le compteur avec un bon wattmètre sur un circuit dans lequel on peut à volonté faire varier l'intensité et le facteur de puissance, puis opérer dans l'ordre suivant.

1º *Réglage préliminaire.* — La tension étant appliquée uniquement aux bornes de l'enroulement fil fin vérifier que le disque ne tourne pas. Dans le cas contraire, agir sur le dispositif de réglage disposé à cet effet et dont le type varie avec chaque marque d'appareil.

Sous l'influence de trépidations imprimées au compteur, celui-ci doit avoir plutôt une légère tendance à tourner dans le sens normal.

2º *Réglage au débit maximum avec courant non décalé* (*cos* $\varphi = 1$). Le compteur étant traversé par un courant non décalé voisin du maximum qu'il peut supporter, on détermine, à l'aide d'un compte-secondes, le temps T (en secondes), mis par le disque à faire un nombre entier de tours N ; soit k la constante du compteur, c'est-à-dire l'équivalent en watts-heure d'un tour de disque et W le nombre de watts lus au wattmètre. On doit avoir la relation :

$$W = \frac{3600 \times N \times k}{T}$$

Pour régler le compteur, on fait varier le freinage de l'aimant, soit en déplaçant celui-ci dans un plan parallèle au disque, soit en faisant varier le shuntage de l'aimant en déplaçant une petite lame de fer doux devant les pôles. Ces opérations ont pour but de diminuer ou d'augmenter la vitesse de rotation du disque pour une même charge, suivant que le compteur avance ou retarde.

3º *Réglage en courant décalé* (cos φ = environ 0,3. On fait passer dans le compteur un courant voisin autant que possible du courant maximum qu'il peut supporter, mais décalé et dont le cos φ est voisin de 0,3. Opérer de la même façon que pour le § 2º et parfaire le réglage en agissant sur le dispositif disposé à cet effet et qui varie avec chaque type d'appareil.

En général, ce réglage ne modifie pas le précédent. Toutefois, si l'écart dépassait 10 %, il serait bon de recommencer la mesure avec du courant non décalé.

4º *Essai au 1/20 du débit maximum* (*cos* $\varphi = 1$). Si le compteur est bien réglé et en bon état de marche au point de vue mécanique, l'erreur ne doit pas dépasser ± 4 %.

CAS D'UN COMPTEUR BRANCHÉ AVEC TRANSFORMATEURS.

Dans ce cas, il n'est pas obligatoire de faire l'étalonnage avec les transformateurs. Celui-ci pourra être fait en prises directes, toutefois en ne dépassant pas les constantes des circuits secondaires des transformateurs. On effectuera les mêmes opérations indiquées ci-dessus en tenant compte dans les calculs de la constante k qui varie dans les proportions des rapports de transformation des transformateurs.

L'ELECTRICIEN insère les communications de caractère professionnel qui lui sont adressées par ses lecteurs ou par les associations et syndicats intéressés.

Inventions. — Appareils et procédés nouveaux.

SYSTÈME DE TRANSMISSION DYNAMO-ÉLECTRIQUE.

Un moteur *m* est alimenté (fig. 1) par un générateur asynchrone muni d'un rotor à bagues collectrices et conduit à une vitesse constante. Ce générateur est alimenté par un générateur synchrone. Lorsque la vitesse du champ tournant relativement à la vitesse rotorique sera égale et opposée à la vitesse du rotor aucun courant ne sera fourni par la machine *a* et le moteur *m* restera au repos. Si la vitesse du générateur *b* est alors augmentée ou diminuée, le moteur *m* tournera dans un sens ou dans l'autre à une vitesse dépendant de la fréquence du courant d'alimentation. Dans la propulsion des navires, un convertisseur tournant est monté sur l'arbre du générateur *a*. Pendant la période de manœuvre, le convertisseur fournit le courant continu au moteur entraînant l'excitatrice *b*; mais à la vitesse normale le convertisseur fournit le courant alternatif destiné à l'excitation du générateur *a*. Dans les transmissions destinées à la conduite des laminoirs, le générateur *a* est conduit par un moteur *n* et son accouplement porte un volant *g*. Un générateur auxiliaire *e* alimente le moteur *d* de l'excitatrice *b*. L'abaissement de la vitesse pendant la pleine charge est fourni au moyen d'un transformateur principal alimentant un convertisseur qui agit sur l'enroulement de champ de la dynamo *e* ou du moteur *d*. (B. Angl. 136.559.)

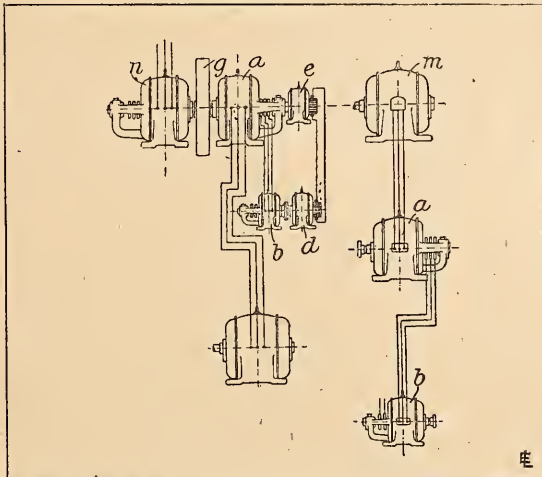


fig. 1

BOITE DE JONCTION POUR CONDUCTEURS ÉLECTRIQUES.

La jonction des conducteurs est faite au moyen de disques sans épissure des conducteurs. La boîte se compose (fig. 2) d'une pièce isolante de diamètre uniforme faisant saillie au fond de la boîte; de disques de connexion et de disques isolants placés alternativement sur cette saillie. La boîte représentée sur la figure est destinée à une jonction en forme de T, comprend une pièce tubulaire isolante 2, un disque isolant 11 du conducteur négatif avec des saillies 13 tournées vers le haut destinées à protéger les conducteurs au moyen de vis d'arrêt 14. Un second disque isolant est placé et en dernier lieu la plaque de connexion 8 du conducteur positif dont les saillies sont tournées vers le bas. Les plaques sont ajustées de telle sorte que les saillies soient co-axiales avec des trous d'entrée disposés sur les côtés de la boîte. La boîte est alors remplie de matière isolante qui maintient les pièces en place. Un tube en carton pâte est placé autour de chaque vis d'arrêt, laissant ainsi un accès pour arriver aux vis d'arrêt lorsque la composition isolante a été coulée. On peut, à l'aide de pièces de connexion appropriées, obtenir des boîtes de jonctions droites, en forme d'angle, à quatre ou à trois directions. Dans le type figuré, une boîte de fonte comprend la boîte proprement dite 1 et une partie trapézoïdale 21 qui reçoit les tubes amenant les conducteurs. Une vis en bois passant à travers la saillie du tube isolant sert à fixer la boîte à un mur ou à tout autre support. (Br. Angl. 135.438.)

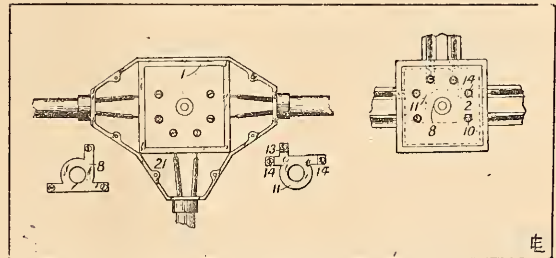


fig. 2

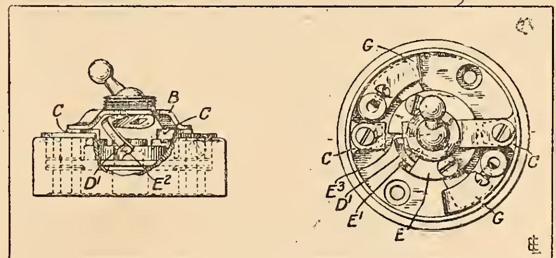


fig 3

PETIT INTERRUPTEUR ÉLECTRIQUE.

Dans un interrupteur à bascule (fig. 3) la pièce E^1 est inclinée dans le plan de rotation et l'extrémité de la partie opérante D^1, glisse pendant la fermeture de l'interrupteur sur la surface inférieure et vient bûter contre son extrémité pour maintenir l'interrupteur fermé. L'extrémité de la bascule peut s'engager dans une rainure E^2. En ouvrant l'interrupteur la bascule D^1 s'engage sur E^3, le ressort produit une rupture brusque. Les contacts G touchent les pièces C qui supportent la pièce B laissant passage au bouton de l'interrupteur. (Br. Angl. 135.255.)

RÉFLECTEUR COMBINÉ POUR AUTOMOBILE.

Un reflecteur destiné aux voitures automobiles se compose (fig. 4) d'une partie concave ou semi-parabolique 1, de deux parties verticales unies de préférence ; des côtés 2 inclinés l'un sur l'autre ; la partie inférieure 3 est inclinée vers le haut à seule fin de refléchir la lumière vers la partie supérieure de telle sorte qu'elle ne soit pas diffusée au-dessus du niveau du reflecteur.

La partie supérieure, les côtés et le fond sont d'une seule pièce ; la lampe électrique A, le bec de gaz ou tout autre source lumineuse est placée à l'intérieur et près du sommet de l'angle formé. (Br. Angl. 136.560.)

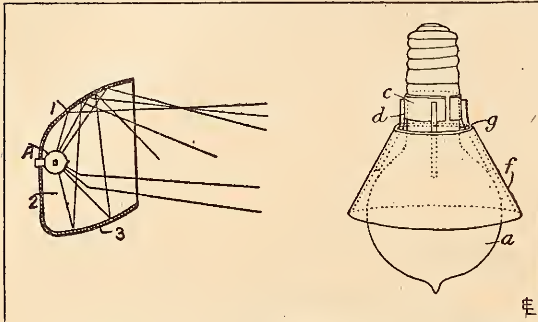


fig 4 fig. 5

RÉFLECTEUR POUR LAMPE ÉLECTRIQUE A INCANDESCENCE.

Ce réflecteur a la forme (fig. 5) d'un cône *f* et est fixé à une lampe à incandescence *a* au moyen d'une bande de métal *c* fixé à la douille de la lampe ; des tiges *d* supportent le réflecteur. L'air chaud avoisinant l'ampoule s'échappe par l'espace laissé libre *g*. (Br. Angl. 135.278.)

HORLOGE ELECTRIQUE.

Les heures sont envoyées d'une station centrale ou de transformation par l'intermédiaire des conducteurs principaux sans nuire au fonctionnement des lampes, alterno-

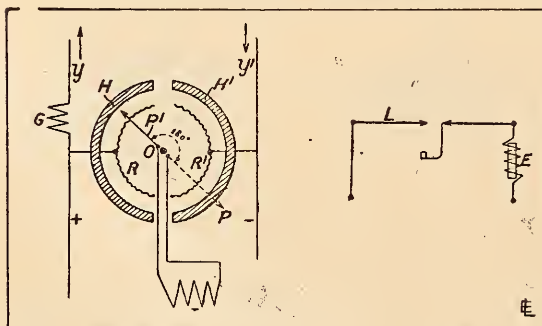


fig. 6 fig. 7

moteurs ou autres. Un transmetteur (fig. 6) se compose de deux segments concentriques constitués en métal épais H, H¹ et d'une paire de résistances semblables R, R¹ connectées aux circuits principaux *y*, *y*¹. Un pivot central *o* porte des bras P, P¹ qui balaient respectivement les segments conducteurs. Le circuit est complété par une bobine secondaire d'un survolteur actionné par la bobine primaire G. Lorsque l'appareil fonctionne, le circuit est temporairement fermé par une horloge. Avec une distribution di ou poyphasée, deux ou plusieurs survolteurs sont employés. Le récepteur (fig. 7) se compose d'un voltmètre muni d'une aiguille non trempée D et de grande amplitude ; un électro E donnant le signal complète le circuit. (Br. Angl. 135.194.)

CONDUITE DES MOTEURS ÉLECTRIQUES DE RABOTEUSES (fig. 8).

Le moteur A actionnant une raboteuse ou tout autre machine semblable est monté en série avec l'enroulement S¹ d'un solénoïde. Le moteur fonctionnant dans la course de coupure, le noyau du solénoïde P s'élève. Lorsque le

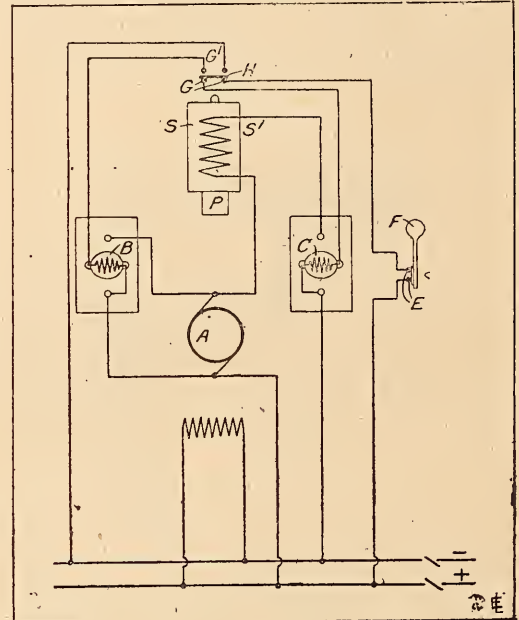


fig. 8

noyau arrive vers la position supérieure, il soulève le contact H qui rompt le circuit G qui maintient le contacteur principal C. Le noyau continuant à monter, le contact H ferme le circuit G¹ qui complète le circuit de marche rompu par le contacteur B. Avant que le noyau ait le temps de tomber après la rupture du circuit, le renversement du sens de marche a eu lieu et le bras de friction F est éloigné du contact E. (Br. Angl. 136.373.)

FABRICATION DE CONDENSATEURS ELECTRIQUES.

Les condensateurs sont constitués par l'assemblage de couches alternativement conductrices et isolantes ; ces couches sont soumises à une très haute pression pour assurer un contact intime entre les surfaces adjacentes. On construit de cette façon de petites unités qui, assemblées par le même procédé, constituent les condensateurs. Les unités ainsi fabriquées peuvent être imprégnées dans le Aide d'une composition isolante avant d'être soumises à une forte pression. (Br. Angl. 134.517.) MM.

L'ÉCOLE DE L'ÉLECTRICIEN

Enseignement pratique de l'électricité industrielle.

Nous invitons tous nos lecteurs à nous adresser, dans le délai d'un mois, les solutions des problèmes proposés. Des **MENTIONS** seront décernées à tous ceux qui auront obtenu une moyenne d'au moins 14 pour un nombre de problèmes dont le minimum sera déterminé par le jury du concours.

Solution des problèmes proposés aux lecteurs.
(7e et 8e séries).

Problème 25. — *Un barreau aimanté présente à son pôle nord une intensité de champ magnétique ou de pôle de 24 unités C. G. S. Ce pôle nord attire le pôle sud d'un autre barreau aimanté dont l'intensité de champ magnétique est de 16 unités C. G. S. Sachant que la force d'attraction entre ces deux pôles en présence est de 6 dynes, on demande de calculer la distance qui sépare les deux pôles.*

Solution.

Les deux barreaux aimantés que nous avons ici en présence ne sont autres que deux masses magnétiques qui s'attirent.

La loi de Coulomb sur les attractions magnétiques nous apprend à évaluer l'intensité de la force d'attraction qu'exercent l'une sur l'autre deux masses magnétiques.

Comme nous connaissons cette force, ici 6 dynes: la dyne étant une unité C. G. S., et les intensités des pôles, la formule de Coulomb :

$$F = \frac{M \times m}{L^2}$$

nous permettra de calculer L^2. Nous avons en effet :

$$L^2 = \frac{M \times m}{F},$$

il suffira alors d'extraire la racine carrée de $\frac{M \times m}{F}$ pour avoir L.

Ici, nous avons : $M = 24$, $m = 16$ et $F = 6$, donc :

$$L^2 = \frac{24 \times 16}{6} = 64$$

d'où $L = 8$ centimètres.

Problème 26. — *Deux pôles de barreaux aimantés identiques, situés sur le prolongement l'un de l'autre, s'attirent avec une force égale à 9 dynes. Si la distance qui sépare les deux pôles N et S des deux barreaux est de 5 centimètres, calculer l'intensité des pôles de chacun des barreaux.*

Solution.

Nous avons supposé les deux barreaux identiques, nous pourrons donc considérer leurs intensités de pôles comme égales, c'est-à-dire $M = m$. La formule de Coulomb devient alors :

$$F = \frac{M^2}{L^2}$$

Pour obtenir la valeur de l'intensité de pôle M, nous écrirons alors

$$M^2 = F \times L^2$$

La racine carrée du produit $F \times L^2$ nous donnera alors cette intensité M.

Ici $F = 9$ et $L = 5$, donc :

$$M^2 = 9 \times 25 = 225$$

c'est-à-dire $M = 15$ unités C. G. S.

Problème 27. — *Quelle est la force magnétomotrice d'une bobine comportant 1500 spires et traversee par un courant de 0,4 ampère ?*

Solution.

Problème **27.** — La formule donnant la force magnétomotrice d'une bobine est

$$F = \frac{4 \pi N I}{10}.$$ On a

donc ici, pour $N = 1.500$, $I = 0,4$ ampère

$$F = \frac{4 \pi \times 1500 \times 0,4}{10} = 754 \text{ environ}$$

***

Problème 28. — *Une bobine de 0 mètres 24 de longueur est enroulée de 350 spires de fil et fournit un champ magnétique de 1 750 gauss. On demande de calculer le courant nécessaire à l'entretien de ce champ.*

Solution.

Problème **28.** — Nous savons que la valeur du

champ est donnée par la formule

$$H = \frac{4\,\pi\,N\,I}{10\,l}.$$

De cette formule nous pouvons déduire le courant I, c'est

$$I = \frac{10 \times H \times l}{4\,\pi \times N}$$

Ici, on nous donne la valeur du champ en gauss, qui est une unité C. G. S. Nous avons donc : H = 1750. La longueur de la bobine étant de $0^{m},24$, il faut exprimer cette longueur en centimètres, soit 24 centimètres, on a donc :

$$I = \frac{10 \times 1750 \times 24}{4\,\pi \times 350} = 95{,}5 \text{ ampères}$$

***

Problème 29. — *Une bobine dont le diamètre intérieur est de 36 millimètres comporte 500 spires de fil. Sachant que la longueur de cette bobine est de 85 millimètres, on demande de calculer quel courant en ampères il faudra faire passer dans cette bobine pour obtenir un flux de 11.400 unités.*

Solution.

Problème 29. — Nous avons vu au paragraphe 35, flux de force magnétique, comment on calcule la valeur du flux par la formule :

$$\Phi = \frac{4\,\pi\,N\,I}{10\,l} \times S.$$

Il suffit d'en déduire la valeur du courant I, nous obtenons :

$$I = \frac{10\,l \times \Phi}{4\,\pi\,N \times S}$$

Remarquons qu'il faut exprimer la longueur et le diamètre en centimètres, c'est-à-dire S en centimètres carrés, on a :

$$S = \frac{\pi \times 3{,}6^2}{4} = 10 \text{ centimètres carrés, environ}$$

d'autre part, l = 8 centimètres, 5, on obtient donc :

$$I = \frac{10 \times 8{,}5 \times 11.400}{4\,\pi \times 500 \times 10} = 15 \text{ amp. } 4,$$

c'est le courant nécessaire à la production du flux demandé.

***

Problème 30. — *Que deviendra le flux dans la bobine précédente si le diamètre intérieur de cette bobine est réduit de moitié ?*

Quelle longueur faudra-t-il donner à cette bobine pour obtenir le même flux que précédemment ?

Solution.

Problème 30. — 1° D'après la formule du flux :

$$\Phi = \frac{4\,\pi\,NI}{10\,l} \times S \quad (a),$$

nous voyons que si l'on réduit la section S, c'est-à-dire le diamètre intérieur de la bobine, le flux sera réduit.

Si donc on réduit de moitié le diamètre, la section S étant alors réduite au quart, le flux sera lui-même réduit au quart, on a donc pour nouvelle valeur Φ du flux :

$$\Phi = \frac{\Phi}{4}$$

ou

$$\Phi = \frac{11400}{4} = 2850 \text{ unités}$$

2° Dans la formule (a) ci-dessus, la section étant devenue 4 fois moindre ou $\frac{S}{4}$ et le flux aussi $\frac{\Phi}{4}$ il faudra, pour rétablir sa valeur Φ ou, autrement dit, pour le rendre 4 fois plus grand, le multiplier par 4, on aura donc :

$$\Phi = 4 \times \frac{4\,\pi\,NI}{10\,l} \times \frac{S}{4}$$

Comme $\frac{S}{4}$ est fixée, on peut écrire encore :

$$\Phi = \frac{4\,\pi\,NI}{\frac{10 \times l}{4}} \times \frac{S}{4}$$

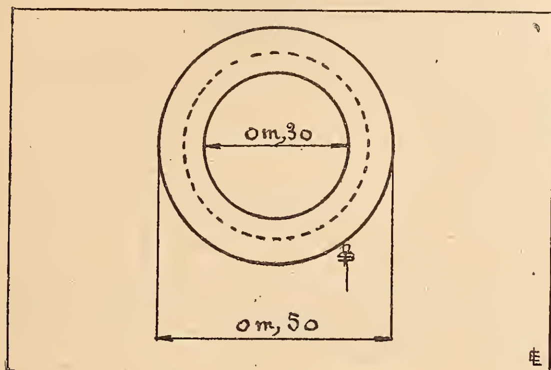
nous voyons, par là, que la longueur l se trouve divisée par 4.

Pour rétablir le flux dans sa valeur primitive, il faudra donc, si l'on diminue le diamètre de la bobine de moitié, réduire sa longueur au quart, c'est-à-dire la réduire à :

$$\frac{8{,}5}{4} = 2{,}1 \text{ centimètres environ.}$$

Problème 31. — *Combien de spires faut-il enrouler sur un solénoïde circulaire (voir figure) dont le diamètre intérieur est de $0^{m},30$ et le diamètre exté-*

rieur $0^m,50$, si l'on veut que le courant nécessaire pour produire le champ magnétique ait une valeur vingt fois et demi moindre que celle de ce champ ?



Solution.

Problème 31. — D'après la relation :

$$H = \frac{4 \pi NI}{10\, l}$$

il nous faut d'abord calculer la longueur l en centimètres du solénoïde, qui est la longueur de la circonférence moyenne (en pointillé sur la figure), c'est :

$$l = \frac{\pi\,(30+50)}{2} = 40\,\pi$$

c'est-à-dire 125,6 centimètres, mais nous allons voir que l'obtention de ce résultat n'est pas indispensable.

La valeur du champ étant donnée par la formule $H = \frac{4 \pi NI}{10\, l}$, la valeur du courant doit être, d'après l'énoncé, de 20,5 fois moindre, c'est-à-dire :

$$I = \frac{H}{20,5},$$

soit

$$I = \frac{4 \pi NI}{10\, l \times 20,5}$$

Remplaçons l par sa valeur $40\,\pi$, obtenue ci-dessus, nous avons :

$$I = \frac{4 \pi NI}{10 \times 40\, \pi \times 20,5}$$

après simplification, nous obtenons

$$N = 100 \times 20,5 = 2050 \text{ spires.}$$

R. Sivoine,
Ingénieur E. T. P.

NOTRE CONCOURS

Envois ayant obtenu *au moins la moyenne 14 :*

3e Série. — Problèmes nos 15 et 16 :

MM. Adam, Baratin, Boutès, Boyer, Chatel, Cotardière, Compagnion, Darville, Farnowski, Grandjean, Grégoire, Hanot, Labbé, Lambert, Lamy, Leibenson, Mälh, Marchand, Marzolin, Merlat, Pacaud, Parent, Picherit, Rau, Roussel, Thomas, Thomas René.

4e Série. — Problèmes nos 17 et 18 :

MM. Adam, Baratin, Boutès, Cotardière, Compagnion, Darville, Deblock, Delevaque, Farnoski, Grandjean, Grégoire, Hanot, Labbé, Lamy, Leibensen, Mälh, Marchand, Marzolin, Merlat, Pacaud, Parent, Picherit, Rau, Roussel, Thomas, Thomas R.

Omis, 2e Série. — M. Merlat.

TRIBUNE DES ABONNÉS

DEMANDES

No 92. — Serais très désireux de connaître, pour des essais de laboratoire, la théorie complète de la soupape électrolytique : aluminium, plomb, phosphate de soude. Explication détaillée autant que possible pour un cours d'élèves de l'Ecole normale supérieure d'instituteurs.

No 93. — Existe-t-il des cours de « métré » concernant les travaux d'installations électriques.

P. G., Paris.

No 94. — On désire avoir un four électrique pour tenir des vins à une certaine température (maxima 100°), il faudrait, quand la température suffisante pour tel ou tel vin est atteinte, que la rupture du courant se fasse automatiquement, de même si cette température vient en-dessous du minimum permis, il faudrait que la circulation du courant soit opérée de la même façon.

Ex. : Un vin doit être tenu dans le four à 80°. A 81°, je suppose, le courant sera coupé automatiquement. A 78 ou 79, je suppose, le courant sera remis automatiquement et *cela doit être réalisé pour n'importe quel degré dans le même appareil.*

Est-ce possible ? Ou y a-t-il un moyen de faire différemment pour obtenir le même résultat ? Courant triphasé 220 et 110 volts, 50 périodes.

No 95. — Comment régénérer la pile Leclanché ?

N° 96. — Où pourrais-je me procurer un ouvrage traitant du montage complet des ascenseurs et monte-charges électriques et autres, et donnant des planches et schémas de la commande électrique de ces appareils ?

N° 97. — 1° Pourrait-on me dire s'il existe des traducteurs automatiques de signaux Morse, quelle maison les fabrique et s'il existe un traité sur cette question ?

2° Sur quelle théorie est basé le fonctionnement du détecteur à cristaux.

REPONSES

N° 73 R. — Une turbine aérienne, française Escaffre, exposée récemment à la Foire de Paris, réalisait l'utilisation de la force motrice du vent pour actionner une dynamo. La puissance était, au dire du constructeur, de 12 à 20 HP suivant la force du vent.

N° 78 R. — La résistance apparente des enroulements du transformateur doit être du même ordre de grandeur que celle des circuits sur lesquels ils sont branchés.

Exemple : côté enroulement monté dans le circuit plaque. On obtiendra la résistance pour le circuit plaque T en traçant la courbe qui donne le courant plaque en fonction de la différence de potentiel entre la plaque et le filament. Cette courbe doit être tracée pour le chauffage et la tension de grille adoptés.

Le rapport $\frac{d\,v}{d\,i}$, c'est-à-dire la tangente à la courbe pour le point considéré donne la résistance cherchée (Varie s. t. lampes entre 20.000 et 30.000 w.).

On peut, sans employer un transformateur, monter le téléphone en série avec une grande capacité et disposer une self variable en dérivation.

Enfin ne pas craindre de monter directement le téléphone à grande résistance. Ceci se fait couramment pour amplificateurs à deux ou trois étages.

P. MAURER.

N° 79 R. — Le vibrateur électro-mécanique, perfectionné ces dernières années, est maintenant très pratique pour la recharge des petites batteries. Dans certains modèles, en cas d'arrêt de la source de courant, le circuit se trouve coupé automatiquement et la batterie ne peut se décharger. Ces appareils comportent généralement un petit transformateur abaisseur de courant, ce qui rend la charge assez économique, bien que l'on n'utilise que la moitié de l'onde alternative. Les prix actuels ont naturellement subi la hausse générale. Un petit modèle coûte dans les 225 francs environ (type Soulier).

Il existe, en effet, des redresseurs utilisant les propriétés des tubes à vide de ne laisser passer le courant que dans un sens. Le modèle le plus connu est le Tungar de la General Electric C°, de Schenectady (U. S. A.) Les anciens établissements Pillon, 53, rue de Paris, à Asnières, ont la licence pour la construction en France de cet appareil. Il existe 3 modèles pour des intensités allant de 2 à 6 ampères sous des tensions de 5 à 75 volts. Prix variant de 275 à 1500 francs environ. La durée du tube à vide est, je pense, de 800 heures, son prix de remplacement est assez élevé.

Redresseur électrolytique. — Est assez facile à faire soi-même et donne des résultats assez satisfaisants pourvu que l'on prenne certaines précautions pour sa construction et son utilisation. L'aluminium doit être pur, de même que le phosphate de soude ou d'ammoniaque, utilisé pour faire la solution, doit être exempt d'impuretés. La dimension des plaques doit être proportionnée à l'intensité du courant. En général, on compte un décimètre carré par ampère. Il faut une quantité suffisante de solution pour ne pas qu'elle s'échauffe pendant la marche. Bien séparer la lame de plomb ou de fer de la lame d'aluminium (adopter le montage utilisé dans les accumulateurs, par exemple). Certains expérimentateurs préconisent la formation de la soupape, en faisant passer un faible courant continu pendant 48 heures, le pôle positif étant relié à la plaque d'aluminium.

Le montage à quatre soupapes permet une meilleure utilisation du courant alternatif, mais complique, quelquefois inutilement. Pour des éléments de faible capacité beaucoup se contentent d'une seule soupape. Dernière recommandation, vérifier de temps à autre, au moyen d'un chercheur de pôles ou de papier cherche-pôle, la bonne marche de la soupape, car il arrive parfois qu'une soupape en marche depuis quelques heures ne redresse plus pour une cause ou une autre, bien souvent en raison de l'échauffement du liquide ou modification de l'électrolyte (ne doit jamais devenir acide).

Faut-il enfin rappeler que pour la charge peu fréquente de *petits éléments* de quelques ampères-heures de capacité, les bonnes vieilles piles au bichromate à deux liquides peuvent encore rendre de bons services, malgré la cherté des produits chimiques.

G. FLAYELLE,
Valenciennes.

N° 85 R. — Vous trouverez p. 234, une note sur le réglage d'un compteur monophasé.

N° 86 R. — Le principe du galvanomètre est de mesurer *l'intensité* du courant par l'action qu'il exerce sur un aimant permanent, soit que l'aimant est fixe et l'équipage parcouru par le courant mobile, soit l'inverse.

Cette intensité du courant est inversement proportionnelle à la résistance du circuit traversé.

Les tables servent à traduire immédiatement, sans calculs, en *ohms*, la résistance qu'on désire mesurer et qui se trouve intercalée dans le circuit en série avec une résistance connue destinée à obtenir une amplitude convenable de la déviation pour la résistance à mesurer

Pour mesurer les résistances relativement faibles (circuit métallique en général), les appareils construits pour les résistances d'isolement ne sont en général pas suffisamment sensibles. Il faut alors soit utiliser le galvanomètre seul comme indicateur du zéro en le montant avec le circuit et des résistances étalonnées en pont de Weatsthone, soit comparer la résistance du circuit à celle du shunt étalonné du galvanomètre à aimant fixe en montant shunt et circuit en série.

Il faut donc choisir l'appareil pour l'emploi que vous désirez en faire. — F.

N° 87 R. — L'électro-matériel, 7, rue Darboy, à Paris, vient de mettre en vente une lampe de ménage à accumulateur et un accu pour lampe de poche. — F.

N° 88 R. — Les réchauds Toilectro de Clin et Cie, 29, rue Corbeau, à Paris, me paraissent indiqués pour le genre de travail demandé.

Bien d'autres fabricants de réchauds électriques : Société Calo, 200, rue Boileau, à Lyon, Paz et Silva, 55, rue Sainte-Anne, Paris, etc. — F.

N° 89 R. — Fabricants de lustrerie, etc... Etabl. Paz et Silva, 55, rue Sainte-Anne, Paris.

Cie des perles électriques Weissmann, 218, faubourg Saint-Honoré, Paris.

Lampes pour autos : Etablissements Gadot et Tournaire, porte Champerret, Levallois (Seine).

Lampes carbone : Compagnie générale des Lampes, 54, rue La Boétie, Paris.

Lampes métalliques : Compagnie Thomson-Houston, lampes Mazda, 10, rue de Londres, Paris.

Le Gérant : L. DE SOYE.

35e Année. — No 1254. 15 Juin 1920.

L'ÉLECTRICIEN

Revue Internationale de l'Électricité & de ses applications

PARAISSANT LE 1er ET LE 15 DE CHAQUE MOIS

Rédacteur en Chef : Maurice SOUBRIER

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

PROFESSEUR ADJOINT D'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

SOMMAIRE

AMÉNAGEMENT D'UNE HAUTE CHUTE DE DÉBIT MOYEN

L'installation hydro-électrique de Tencin.

Il est peu de questions aussi intéressantes à l'heure actuelle que celle de l'utilisation de nos chutes d'eau. Nous devons donc tirer le meilleur parti possible de nos forces hydrauliques, quels que soient leurs caractéristiques de hauteur et débit. Nous donnerons ici différents articles concernant la construction et l'aménagement d'usines hydro-électriques récentes.

C'est sur le versant des Alpes, dans la région du Dauphiné, où furent aménagées vers 1867 les premières hautes chutes utilisées en France, que l'usine hydro-électrique de Tencin fut installée. Nous rappellerons incidemment qu'on a classé généralement les chutes d'eau en quatre catégories :

1° Les basses chutes : jusqu'à 20 mètres ;

2° Les chutes moyennes de 20 à 50 mètres ;

3° Les hautes chutes au-dessus de 100 mètres.

Cette dernière catégorie est couramment utilisée actuellement, et est celle à laquelle se rapporte l'usine qui nous occupe.

La chute aménagée par la Société hydroélectrique de Tencin a été commencée en 1914, arrêtée à la mobilisation, reprise en août 1915, et terminée en septembre 1916.

Cette chute est destinée à alimenter les fours électriques des usines Fredet à Brignoud (Isère). La chute brute est de 300 mètres ; le chute nette de 287 mètres et le débit maximum utilisable 1.000 litres à la seconde.

La prise d'eau principale est située à Theys sur le ruisseau du Merdaret. Elle se compose d'une grande vanne de $3^{m},20 \times 3^{m},50$ permettant de régler le débit et faisant barrage dans le lit même de la rivière.

L'eau, après avoir traversé une grille à barreaux très espacés, se décante dans une grande chambre, puis traverse une grille plus fine et pénètre directement dans une conduite forcée en ciment armé, en tête de laquelle se trouve une vanne d'arrêt

Deux autres petits ruisseaux, sur lesquels on a aménagé deux prises très simples, sont captés et amenés dans la prise principale.

La conduite en ciment armé, d'une longueur de 1.200 mètres, est entièrement enterrée sur tout

le parcours, elle a un diamètre de 90 cm. et une pente uniforme de 1 millimètre par mètre.

5 reniflards placés de distance en distance sur cette conduite en ciment armé la préservent contre les coups de bélier.

On sait qu'on appelle « reniflard » ou « tube piézométrique », un tube vertical d'assez grand diamètre permettant l'évacuation de l'air emprisonné dans les conduites et de diminuer considérablement les effets de l'inertie de l'eau.

L'eau peut facilement osciller dans chaque tube et amortir sa puissance vive lors des variations de résistance des moteurs hydrauliques, afin d'éviter la rupture des conduites.

Cette conduite est prolongée par une conduite en tôle de 1.000 mètres de longueur environ, possédant au début un diamètre de 80 cm et une épaisseur de tôle de 4 mm, puis, à la fin de la chute, un diamètre de 70 cm et une épaisseur de 13 mm:

2 petits groupes d'excitation, de 22 chevaux à 1.500 tours à la minute, indiqués en figure 1 et que l'on aperçoit entre les baies en figure 2, disposés à côté des groupes principaux, donnent le courant nécessaire à chaque alternateur.

Un petit groupe électrogène auxiliaire, de 3 chevaux à 1.500 tours-minute, indiqué dans la figure 1, sert pour les besoins courants de l'usine. Ces trois groupes accessoires sont actionnés par des turbines alimentées par des dérivations prises sur la conduite principale. La régulation des turbines est opérée par des aiguilles de commande à la main.

La figure 3 ci-contre donne le demi-plan de la salle des machines ; celles-ci sont disposées symétriquement, et l'autre demi-plan comporterait de même un groupe principal de 1.750 HP et un autre d'excitation de 22 HP, le groupe de service (3 HP) étant placé en arrière, au milieu de la salle. La demi-coupe montre le massif de fondations des machines.

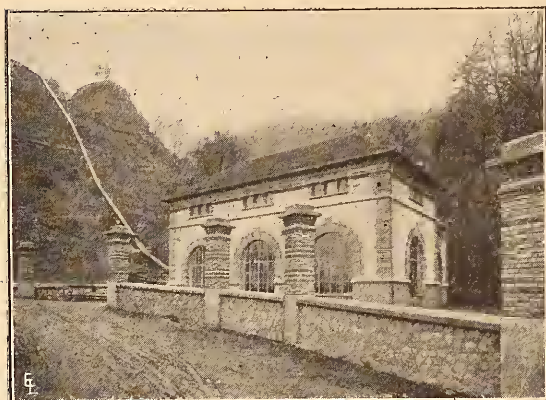


Fig. 1. — Vue de l'usine de Tencin.

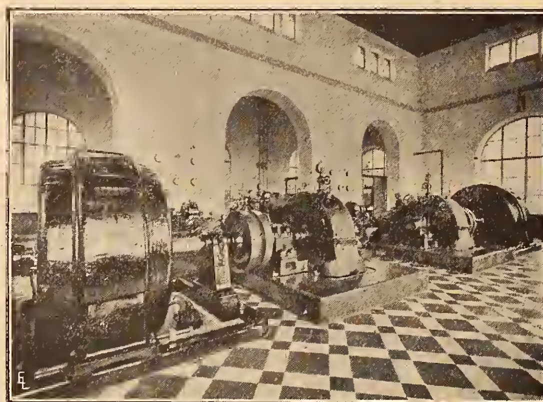


Fig. 2. — Salle des machines.

L'usine génératrice, située à Tencin même, et dont nous donnons en fig. 3 et 4 l'installation générale, possède deux grandes salles de 20 mètres de longueur ; l'une de 9 mètres de largeur et l'autre de $4^{m},50$.

Dans la première salle se trouvent 2 groupes électrogènes composés chacun d'une turbine Pelton de 1.750 chevaux, 600 tours minute, construite par MM. Neyret, Beylier, Ducrest et Cie à Grenoble et d'un alternateur triphasé de 7.000 volts, 50 périodes, de la Compagnie électro-mécanique, accouplé directement à la turbine.

La figure 2 montre l'ensemble et la disposition des groupes électrogènes dans la grande salle des machines, et l'on aperçoit par les baies de communication la petite salle destinée aux tableaux de distribution et à l'appareillage électrique.

Sur la figure 4, nous montrons le schéma de la distribution hydraulique aux divers groupes : un robinet-vanne de 300 avec by-pass dessert chacune des turbines principales. Ces robinets-vannes, comme les plus petits alimentant les turbines auxiliaires, sont munis de volants de commande à main manœuvrables de la salle des machines.

L'accouplement des turbines et des alternateurs est effectué par des manchons élastiques. L'écoulement des eaux s'effectue par caniveaux maçonnés dans les fondations de l'usine.

Dans la salle plus petite se trouve l'appareillage à 7.000 volts ; composé de disjoncteurs, transformateurs, de mesure, relais sectionneurs et parafoudres.

La figure 5 donne le schéma des connexions avec la légende explicative.

Fig. 3. — Demi plan et coupe de la salle des machines.

Fig. 4. — Coupe en travers, montrant la distribution hydraulique.

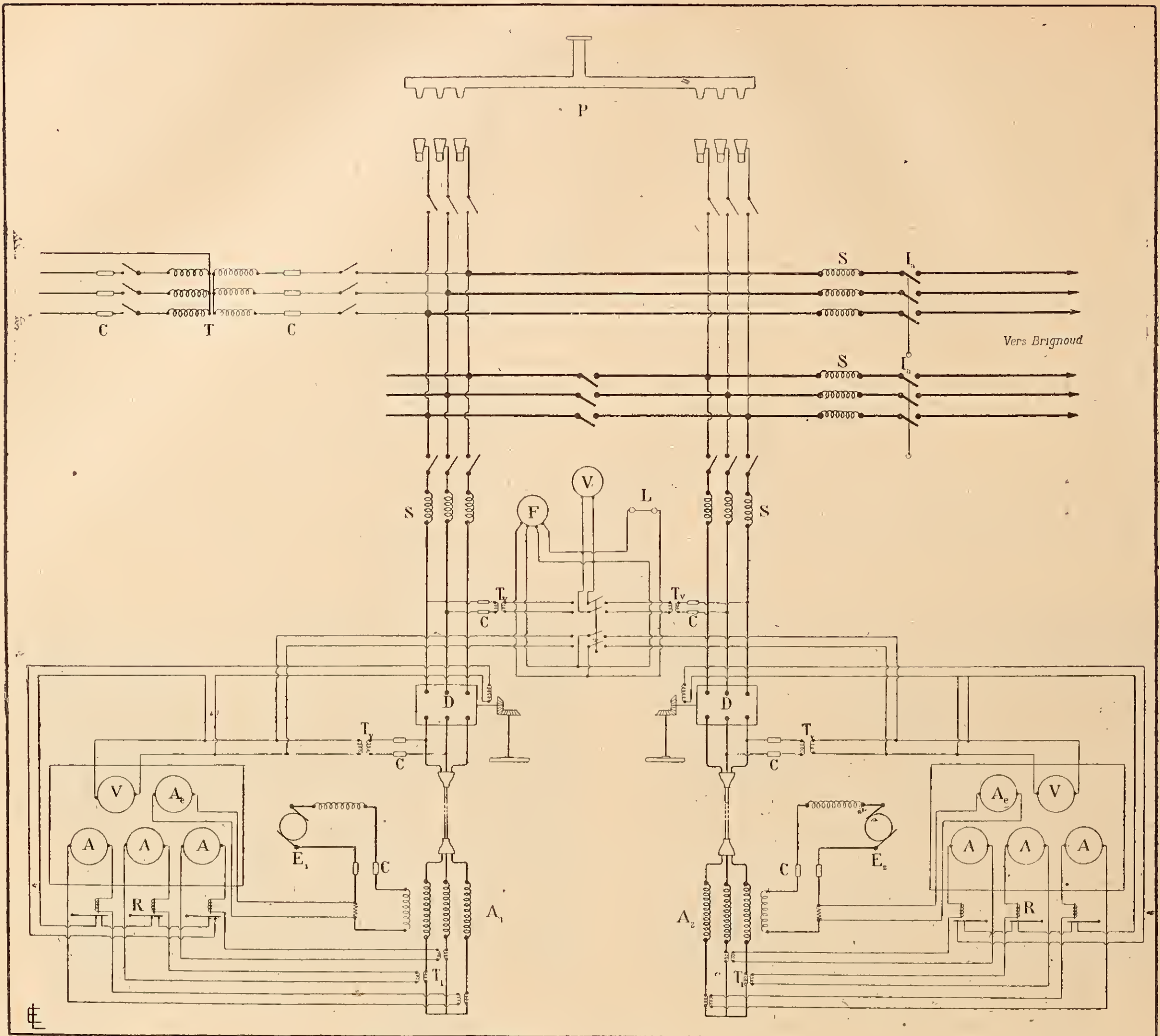


Fig. 5. — Schéma de l'installation électrique.

Légende : A_1 A_2 *Alternateurs : 1.750 KVA, 7.000 volts, 110 ampères. 600 t m. 50 p.* — E_1 E_2 *Excitatrices : 14 kw. 3, 45 à 110 volts, 1.300 à 1.500 t/m.* — T. *Transformateur pour l'éclairage de Tencin : 7.280/220. v., 60 a., 5.* — T_v *Transformateurs de tension.* — T_i *Transformateurs d'intensité.* — D. *Disjoncteurs.* — R. *Relais.* — I_a *Interrupteurs aériens.* — P. *Parafoudres à jets d'eau.* — S. *Bobines de self.* — C. *Coupe-circuits.* — V. *Voltmètres.* — A. *Ampèremètres.* — A_e *Ampèremètres d'excitation.* — F. *Fréquencemètres.* — L. *Lampes de phase.*

Un transformateur abaisseur 7280/220 volts de 15 kw. alimente une dérivation basse tension pour l'éclairage de la localité de Tencin où se trouve l'usine.

La protection au départ de la double ligne de transport haute tension est réalisée par des bobines de self et des jeux de parafoudres à jet d'eau.

La vue générale extérieure de l'usine génératrice est montrée par la figure 1, où l'on aperçoit à gauche sur le versant de la montagne la conduite forcée d'amenée d'eau.

Une ligne longue de 7 kilomètres, montée sur pylônes métalliques et formée par 6 fils de cuivre de 7 mm, transporte la puissance de cette usine à Brignoud.

Pierre Guieu,
Ingénieur E. P. C.

Francis Babey,
Ingénieur A. et M.

NOTES SUR LA TÉLÉGRAPHIE (*suite*[1]).

La transmission automatique en télégraphie.

LE BAUDOT HARMONIQUE

Nous avons supposé jusqu'à présent que les cinq courants élémentaires positifs ou négatifs qui concourent à la formation d'une lettre sont successifs, mais, comme l'a fait remarquer, je crois, M. Faivre, rien n'empêche d'appliquer ici le principe du télégraphe harmonique Mercadier, d'envoyer simultanément des signaux caractérisés par la hauteur de leur son, d'effectuer leur discrimination et leur séparation par des monotéléphones ou tout autre dispositif d'accord et de renvoyer le courant de travail sur les aiguilleurs intéressés. Cette variante a donné de bons résultats en laboratoire. J'avoue ne pas discerner ses avantages. La sélection harmonique Mercadier-Magunna ou la sélection par résonance en haute fréquence de « Pupin — Armagnat » me paraît dépasser le cadre d'un appareil particulier. Son rôle est de permettre la coexistence sur un même fil d'un grand nombre de transmissions simultanées, quels que soient d'ailleurs les appareils utilisés; que ce soient des Hughes, des Baudot ou des Wheastone.

TRANSMISSION AUTOMATIQUE

Le véritable perfectionnement à apporter à l'appareil Baudot, c'est la transmission automatique. C'est elle qui est appliquée au Murray, elle est appliquée au Baudot de la Western Electric C°. C'est elle qui est aussi appliquée au Siemens et Halske, mais ici, il y a nécessité, l'appareil n'étant pas un multiple; en revanche, on a tous les inconvénients de la transmission par séries compactes. Je ne retiens que la tendance générale vers la transmission automatique.

Il ne faudrait pas croire cependant que l'introduction de la machine à écrire, employée pour préparer des bandes perforées, soit dictée par le désir d'éviter l'apprentissage d'un alphabet compliqué. L'alphabet Baudot est, au contraire, d'une simplicité telle que n'importe qui peut l'apprendre en un quart d'heure.

Or c'est là un fait d'une importance considérable au point de vue militaire. Ce n'est pas l'appareil Morse, ce n'est pas l'appareil Hughes, qui sont les appareils militaires imprimeurs de l'avenir; c'est, à coup sûr, l'appareil Baudot. Vous ne formerez pas un Hughiste à moins de deux ans de pratique et encore continuera-t-il toujours à se perfectionner et à imaginer des combinaisons nouvelles; il vous suffira de deux mois pour faire un bon manipulant Baudotiste, pourvu qu'il ait une oreille sensible à la cadence.

MANIPULATION ET MNEMOTECHNIE

Et pour prouver ce que j'avance, je vais dévoiler une méthode qui a permis à bien des débutants de retrouver leurs lettres avant que leur manipulation ne fût devenue une action réflexe, but final à atteindre.

Les voyelles sont au nombre de 7, savoir :

1.	0 0 0 0 1	*y*
2.	0 0 0 1 0	*e*
3.	0 0 0 1 1	*i*
4.	0 0 1 0 0	*a*
5.	0 0 1 0 1	*u*
6.	0 0 1 1 0	*é*
7.	0 0 1 1 1	*o*

On admettra que ce tableau est assez facile à retenir; la lettre *e* rappelle le point du Morse, la lettre *i* les deux points, la lettre *o* les trois traits de ce même alphabet, etc.

Maintenant, épelons les consonnes en leur associant une voyelle convenable. Ecrivons, par exemple :

by	*ge*	*fi*	*ja*	*cu*	*hé*	*do*
ry	*me*	*ni*	*ka*	*qu*	*lé*	*po*
sy	*xe*	*wi*		*tu*	*zé*	*vo*

Le procédé mnémonique consiste à observer que que *by* est un mot anglais, que *fi*, *jà*, *hé* !, *do*, *me*, *ni*, *lé* (largeur d'une étoffe entre ses deux lisières) : — *Granz (ils) ont les nés et lées* (larges) *les oreilles* (chanson de Rolland); *tu*, *zée* (poisson qu'on nomme aussi dorée, truie et poule de mer) sont des mots français; enfin *ge*, *cu*, *rye* (seigle en anglais), *ka*, *qu*, *po* (*t*), *sy*, *xe*, *wi* (oui), *vo* (veau), se retiennent aisément par le son alphabétique (*xe*, *qu*, *ka*) ou par quelque autre particularité.

Une fois retenue, la voyelle d'appui, faites-la

1. Voir l'*Electricien* des 1er et 15 février, 15 mars et 1er avril 1920.

cette voyelle, avec les trois doigts de la main droite, puis avec deux doigts de la main gauche abaissez la quatrième touche, si la consonne est dans le premier tiers de l'alphabet (ligne un), la quatrième et la cinquième ensemble, si la consonne est dans le second tiers, la cinquième seule si elle est dans le dernier tiers. Vous avez transmis votre consonne.

Brûlez ensuite votre alphabet, car vous le savez par cœur.

LA TYRANNIE DE LA CADENCE

Ce n'est donc point pour faciliter la connaissance de l'alphabet que je préconise l'emploi de la machine à écrire ; c'est principalement pour affranchir le manipulant de la tyrannie impérieuse de la cadence.

Dans l'appareil Baudot multiple, dès que les balais du distributeur approchent du secteur de transmission, un courant est envoyé dans le frappeur de cadence et l'employé manipulant est prévenu ; le moment est venu pour lui d'abaisser les touches ; et comme la cadence revient avec un rythme régulier, il sait aussi qu'il doit conserver les touches abaissées un temps suffisant pour que les balais recueillent la combinaison. D'ailleurs, si sa manipulation est piquée, il risque de relever trop tôt les doigts de dessus les dernières touches et l'on essaye de parer à ce défaut en effectuant l'accrochage momentané de toute touche qui vient d'être abaissée.

Quoi qu'il en soit, le frappeur de cadence revient à chaque tour demander son tribut à l'employé : « Il me faut une lettre, dit-il. — Mais, répond l'employé, je suis justement en train de déchiffrer une lettre douteuse et mal écrite. » Les balais sont déjà loin.

Le moment où je parle est déjà loin de moi.

Et le frappeur de cadence revient, plus exigeant encore : il me faut une lettre. Et l'employé avait eu une distraction. Il me faut une lettre, répète le frappeur de cadence. Et l'employé se trouble, il a perdu la cadence. Et voilà des tours perdus, voilà un peu de temps perdu, un peu de cette matière, la plus précieuse de toutes, pour le télégraphiste, le temps !

La cadence est un maître inexorable ; mais ne pouvons-nous pas le fléchir, en prenant de l'avance quand l'esprit est alerte et la main légère, comme ces débiteurs avisés qui profitent d'un instant de prospérité pour éteindre leurs dettes. La cadence n'admet point ces anticipations. On ne peut s'en affranchir.

Cependant, écoutons le bruit que fait une dactylographe, les petits coups redoublés se succèdent par trains et non dans un tic tac uniforme ; c'est une série de roulements : voilà l'effet de la nature ; profitons de ses élans, laissons-lui des repos.

PERFORATEUR ALPHABÉTIQUE DE CARPENTIER

Qu'on entre, après cela, dans une discussion technique plus serrée, comme le fait M. Montoriol, et l'on pourra prédire au manipulateur alphabétique de la maison Carpentier tout le succès qu'il mérite. Puisse-t-on en hâter la fabrication et la mise au point !

SÉLECTEUR

Comme mon intention n'est pas de décrire en détail des mécanismes, mais plutôt d'examiner des idées, je vais montrer comment le traducteur Baudot pourrait être utilisé comme sélecteur.

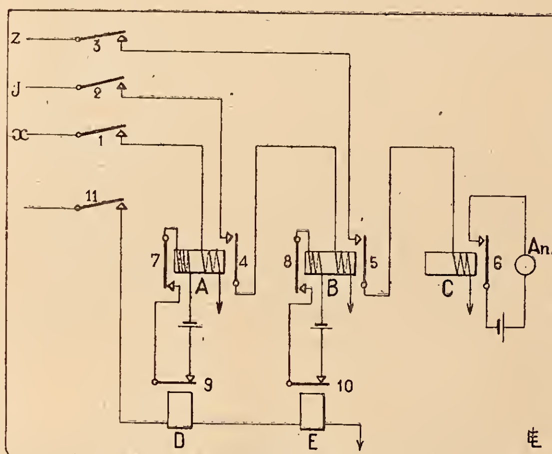


Fig. 1.

Je suppose qu'un traducteur soit en service pour recevoir des télégrammes à la façon habituelle et qu'on veuille lui demander en outre une fonction différente, comme, par exemple, de produire un signal d'appel ou mieux, si plusieurs bureaux sont branchés simultanément sur le même fil télégraphique, des signaux d'appel tels que le poste désiré soit le seul à être appelé. On pourra, en ce cas, donner aux divers postes associés des indicatifs d'appel formés par des combinaisons de lettres qui ne peuvent se rencontrer dans un texte, comme, par exemple, les diverses combinaisons trois à trois des lettres $x\ y\ j\ z$. Cela étant le problème consistera à rendre le circuit de l'annonciateur sensible à une combinaison donnée et insensible à toutes les autres. Je proposerai la solution suivante (fig. 1). Soit $x\ j\ z$ la combinaison choisie. J'admets que la réception de la lettre x ferme le contact 1 et envoie

dans l'électro A un courant, c'est-à-dire une simple impulsion. L'électro A attire l'armature 7 et se bloque; si le second signal reçu, celui qui suit immédiatement la lettre *x*, correspond à la lettre *j*, ce sera le contact 2 qui se fermera, envoyant dans B une impulsion; mais l'attraction de l'armature 8 bloquera l'électro B; le troisième signal reçu *z* enverra dans *c* le courant qui, actionnant l'armature 6, fera jouer l'annonciateur A*n*. On voit que la seconde impulsion n'a pu atteindre B que, parce que l'électro A étant bloqué, 4 a été en relation avec 2 et que la troisième impulsion n'a pu atteindre C que, parce que, B étant bloqué, l'armature 5 a donné l'accès au courant venant de 3. Si maintenant, après la première lettre reçue *x*, c'est une autre lettre que *j* qui parvient à ce traducteur, j'admets que, quelle que soit cette seconde lettre, ce soit le contact 11 qui se ferme, envoyant une impulsion dans les électros D et E de déblocage. Si les deux premières lettres reçues successivement sont bien *x* et *j*, mais que la troisième soit différente de *z*, ce sera encore le contact 11 qui entrera en jeu et actionnera D et E qui débloqueront A et B. Pour que l'annonciateur A*n* fonctionne, il est donc nécessaire et suffisant que la combinaison reçue soit la combinaison *x j z*.

Le traducteur pourra alors fonctionner en sélecteur, sans que cette nouvelle fonction interfère avec sa fonction normale.

Si l'on voulait utiliser le traducteur Baudot exclusivement en sélecteur, on pourrait simplifier et alléger la construction. Dans le dispositif d'appel de l'automatique Strowger, dans le train dispatching system de la Western Electric Cᵒ, la vitesse des impulsions, ou pour mieux dire de leur succession, est réglée au départ. Il faudrait opérer de même et faciliter à l'arrivée le démarrage et la mise en vitesse.

Remarquons en passant que tout sélecteur donne, en principe, une solution au problème de la télémécanique.

LE JACQUARD

Je reviens à la transmission automatique.

Ceci nous ramène aux débuts de la télégraphie; c'est Wheatstone qui a utilisé le premier un transmetteur automatique. Les émissions sont réglées par les perforations d'une bande de papier, composée au préalable. C'est ce qui a valu à son transmetteur le nom de Jacquard électrique.

A vrai dire, l'emploi, dans le tissage des étoffes façonnées, d'un carton perforé pour faciliter le travail du « tireur » remonte très haut, à Basile Bouchon (1725) et à Falcon; mais le brevet de Jacquart n'est que du 23 décembre 1801, date mémorable; et pourtant, c'est vers 1816 seulement que le métier Jacquard, perfectionné par le mécanicien Breton, devint réellement avantageux dans la pratique. Nous noterons, dans l'influence exercée sur l'art de la télégraphie par un progrès du tissage, un remarquable exemple de l'aide mutuelle que se prêtent si souvent l'un à l'autre les divers arts et métiers.

On sait en quoi consiste essentiellement le mécanisme de Jacquard : chaque lissette, correspondant

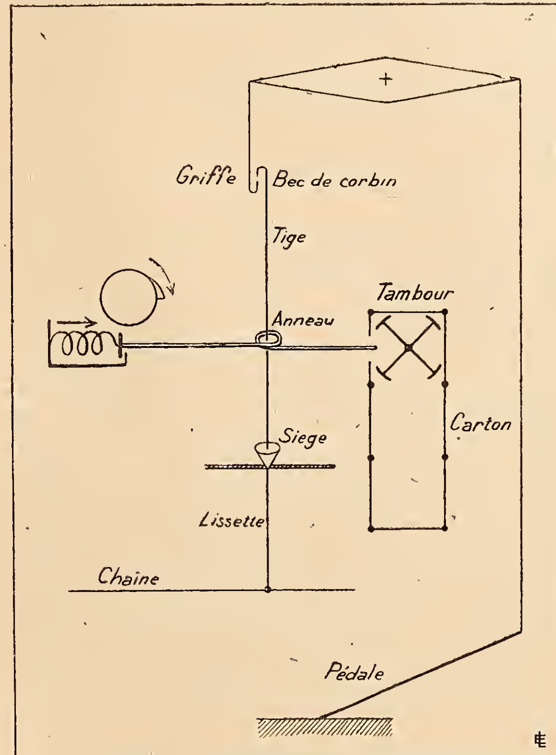


Fig. 2.

à un fil de chaîne horizontal, doit être relevée ou non, suivant que la prochaine chute doit passer en dessous ou en dessus de ce fil; à cet effet, la lissette est suspendue par une tige à bec de corbin, qui repose sur un siège et qui en sera soulevée par une griffe à chaque coup de pédale du tisseur, à moins que la tige n'ait été déviée de manière à mettre le bec de corbin hors de portée de la griffe (fig. 2). Cette discrimination s'opère au moyen des cartons perforés par le tambour, car la tige à crochet traverse l'anneau d'une aiguille horizontale, qui est autorisée, à chaque coup de battant, à venir buter en un point déterminé du tambour, où son mouvement sera arrêté, si le carton n'y

présente pas alors le vide d'une perforation. Que si, au contraire, l'aiguille est libre de continuer sa route, la tige est déviée, le bec de corbin échappe à l'action de la griffe, la lissette n'est pas soulevée et c'est alors par-dessus le fil de chaîne dont il s'agit que la navette passera la chute.

Le transmetteur Wheatstone a été si souvent décrit que je m'abstiendrai d'en parler autrement; mais il me paraît utile de donner une idée de l'appareil Creed, dont l'essai va probablement être fait en France. Cet instrument a été décrit sommairement à ma connaissance dans le *Hilfsbuch fur die Electrotechnik* de Streker et par M. Montoriol dans les *Annales* de septembre 1919. Mais je m'écarterai un peu de ces descriptions en utilisant les renseignements de A. Kraatz, auquel Streker renvoie.

Je ne parlerai pas du récepteur imprimeur alphabétique.

Le but poursuivi, en principe, par Creed semble avoir été différent : il s'agissait pour lui d'avoir un dispositif de retransmetteur.

RETRANSMETTEUR ET TRANSLATIONS

Qu'est-ce donc qu'un retransmetteur? C'est un appareil qui retransmet les signaux tels qu'ils ont été émis, tandis qu'un relais est un appareil qui retransmet les signaux tels qu'ils ont été reçus. Or les signaux reçus ont été déformés en ligne, par suite de la diffusion ou de l'étalement de l'onde, au fur et à mesure de sa progression le long du fil. On voit donc que le retransmetteur est un translateur qui opère une restitution complète de l'émission dans toute son intégrité et possède à cet égard une supériorité marquée sur toute espèce de translation ordinaire. N'oublions pas toutefois que dans les translations tournantes imaginées par M. Baudot les courants sont rectifiés.

TRANSLATION RECTIFICATRICE

Cet ingénieux dispositif est le suivant (fig. 3). Les émissions de courant reçues par la ligne L_1, sur la couronne α, sont cueillies par les balais conjugués *a* et envoyés par les contacts associés α' dans le relais sensible R, dit relais de réception, lequel renvoie par les contacts β de très courtes émissions cueillies à intervalles réguliers par les balais conjugués *b* et envoyés ainsi dans le relais retransmetteur T, chargé de la réexpédition sur la ligne L_2. L'onde d'arrivée a pu être déformée, peu importe; il suffit que la polarité voulue existe au moment précis du passage des balais *b* sur chacun des contacts écourtés β, et le courant retransmis est constitué par des émissions régulières, indépendantes des déformations en ligne, résultant du phénomène auquel on a donné le nom de diffusion. Cet artifice est très efficace; cependant, l'enregistrement d'un signal et sa transmission à nouveau sont évidemment un procédé beaucoup plus sûr. Et l'on s'explique ainsi les merveilleux résultats obtenus par les retransmetteurs, imaginés par Baudot, perfectionnés par M. Robichon, qui eut aussi le mérite de mettre en lumière les immenses avantages de ce système.

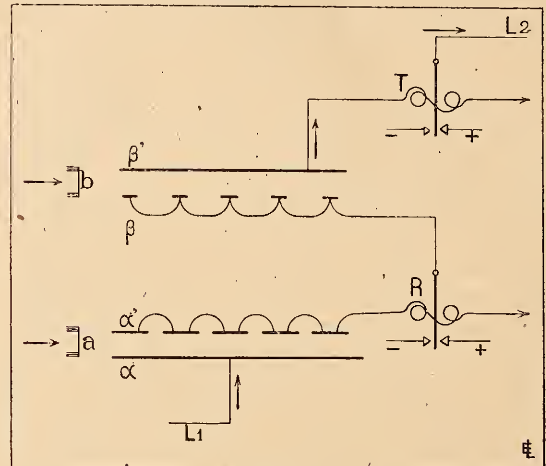


Fig. 3.

Il y a d'ailleurs des bureaux, comme celui de Fredericia, qui ont à effectuer un service de transit considérable, beaucoup plus important que le service de réception à destination. Ce bureau est un trait d'union entre la Russie et les Etats scandinaves, d'une part, l'Angleterre, la France, les Etats-Unis, d'autre part. Dans les cas de ce genre. il peut y avoir une grande utilité à recevoir les télégrammes sous une forme qui permette leur réexpédition sans intervention manuelle nouvelle.

RÉCEPTEUR F. G. CREED

C'est ce qu'obtient E. G. Creed. En principe, l'appareil est un Wheatstone, mais la réception se présente sous la forme d'une bande identique à la bande de transmission primitive et prête à être, telle quelle, lancée dans un appareil transmetteur, pour une nouvelle destination.

Donc pas de travail supplémentaire et suppression des erreurs mêmes dont il pourrait être l'occasion; rapidité et économie de personnel, voilà le gain; c'est du temps et de l'argent.

Il s'agit d'obtenir des perforations. Pour cela, il faut une force motrice.

CORRECTION

C'est l'air comprimé qui a été choisi. Déjà, les perforateurs multiples employés à Londres dans la section des journaux, au poste central des télé-

graphes, pour permettre à un employé manipulant de préparer simultanément plusieurs bandes identiques, étaient des perforateurs pneumatiques. C'est aussi à l'air comprimé que Larston a eu recours dans sa monotype, si employée dans les imprimeries modernes. Il y a même un artifice particulier, que nous retrouvons dans les deux appareils, et dont je vais dire un mot en passant. On sait que, dans la fondeuse de caractères de la monotype, on obtient le déplacement d'un châssis carré dans deux directions rectangulaires, de manière à amener sous le jet la matrice qui porte l'œil de la lettre à fondre. Ces matrices sont enfilées sur des tringles et jouissent d'une certaine mobilité qui permettra d'ajuster la position de la matrice en cause, de façon à obtenir un moule étanche et parfait. Pour obtenir cet ajustage, le petit bloc

Fig. 4.

de chaque matrice est évidé à la partie inférieure en forme de cône; au moment où la coulée va se faire, une pointe se lève; elle forme un cône d'un angle au sommet légèrement inférieur à celui de l'évidement, qui est obligé de se centrer sur elle et de prendre ainsi une position exactement définie On ne saurait exiger la même rigueur des déplacements latéraux et longitudinaux du châssis et, de plus, il faut que la matrice ait un jeu qui facilite sa butée contre les parois qui déterminent la force du corps et l'épaisseur.

De même, dans l'appareil Creed, au moment où un poinçon va perforer, il importe de rectifier la position de la bande. Il faut même que l'effort d'entraînement exercé sur la bande cesse de la mouvoir pendant le temps que le poinçon effectue la perforation. L'entraînement est obtenu par l'action d'une molette étoilée dont les rayons pénètrent dans les petits trous d'une ligne médiane; des perforations ont été pratiquées dans la bande à intervalles réguliers, avant son emploi. La douille de la petite roue étoilée est montée à frottement sur l'axe du moteur. On donne à celui-ci une vitesse convenable, réglée sur la vitesse du transmetteur; mais au moment d'une perforation, il faut immobiliser la roue étoilée. Elle porte une virole dont la surface est cannelée. En même temps que le poinçon s'avance, il permet à un levier, terminé en biseau et guidé, de s'élever aussi, sous l'action d'un ressort, et de s'engager dans le fond d'une cannelure, de façon à immobiliser la molette.

Cette action rappelle également celle de la came correctrice de l'appareil Hughes et le rôle des deux encoches en V du levier d'inversion dans ce même appareil.

On voit qu'il n'y a pas besoin d'un synchronisme rigoureux entre le moteur servant à la progression de la bande et le transmetteur du poste d'émission.

Le mouvement alternatif des poinçons de perforage rappelle celui des aiguilles de l'appareil Wheatstone de transmission.

Le piston, mû par l'air comprimé, chasse la tringle *a b c* vers la droite ou vers la gauche (fig. 4). Supposons que les leviers coudés *b' b*, *c' c* soient portés à gauche, *c' c"* soulève le taquet *d*, lequel frappe le talon *é* du poinçon *e* qui perfore le papier *p*. Le taquet continuant son mouvement de levée est rejeté de côté par l'action du galet *g* sur son épaulement; en même temps, le bras *b' b"* du levier coudé conjugué appuie sur la chape *h*, qui ramène les poinçons en agissant sur leur talon *e'*; et tout se retrouve prêt pour une nouvelle perforation.

DÉCLENCHEMENT

Il s'agit maintenant de commander par les courants positifs ou négatifs reçus de la ligne le mouvement du tiroir d'admission. Suivant que ce tiroir sera porté à droite ou à gauche, l'air comprimé sera admis d'un côté ou de l'autre du piston moteur et le mécanisme de perforation qui vient d'être décrit agira alors sur l'un des deux poinçons, sur le premier si l'émission reçue est de polarité positive, sur le second si elle est négative.

Non seulement la soupape qui forme tiroir est légère, mais elle est équilibrée.

Reportons-nous un moment au mécanisme de l'appareil Hughes, qui est familier à tous les télégraphistes; ces comparaisons sont utiles : elles déchargent la mémoire; les modes de réalisation sont infiniment variés, mais les besoins sont souvent analogues. Or, dans le Hughes, dis-je, pour obtenir une action instantanée avec un courant

de faible intensité, on a utilisé un électro-aimant polarisé, dont l'armature est bandée par un ressort :

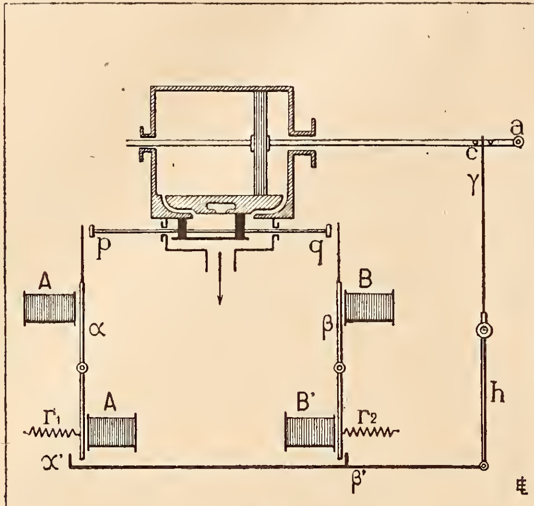


Fig. 5.

la sensibilité est ainsi obtenue, mais en revanche, quand le déclenchement s'est produit, l'armature étant sortie du champ d'action de l'électroaimant, c'est par le jeu d'une came spéciale que le levier d'échappement doit ramener l'armature au contact des noyaux de son électro-aimant.

Nous retrouvons dans l'appareil Creed une disposition analogue (fig. 5),

Les armatures α et β restent collées contre les électro-aimants polarisés A A' d'une part et B B' de l'autre ; le courant positif renforce l'aimantation de A A' et affaiblit celle de B B' ; le courant négatif a naturellement les effets inverses. Si donc un négatif traverse A A' B B', le ressort r_1 déclenche α qui chasse la tête *p* du tiroir équilibré, et modifie la distribution, ce qui déplace le piston vers la gauche. Mais alors l'appendice C, porté par la bielle, courbe le ressort-lame γ encastré dans le levier *h* et le taquet α' ramène le levier α à sa position de repos.

L'émission suivante aura sur β des effets analogues et le rythme des émissions commande ainsi la réception.

Pomey J.-B.
Ingénieur en chef des P. T. T.

Un nouveau redresseur de courant alternatif

POUR CHARGE D'ACCUMULATEURS

Les accumulateurs prennent de plus en plus d'applications ; principalement ils forment la source d'énergie actuellement employée dans les postes de réception de T. S. F. et leur recharge devient une sujétion quand on n'a à sa disposition que du courant alternatif.

Il existe différents types d'appareils statiques qui transforment le courant alternatif basse tension en courant continu. Ils fonctionnent tous comme soupapes, c'est-à-dire qu'ils redressent les ondes du courant alternatif de façon que le courant obtenu garde un sens constant indispensable avec la recharge d'accus. En réalité on obtient du courant ondulé, mais en prenant certaines précautions on peut rendre celui-ci presque continu, nous verrons comment. Les principaux appareils de ce genre sont :

1° *Les redresseurs à mercure* (type Cooper-Hewitt). Appareils surtout puissants, assez volumineux et chers, c'est le type industriel qui fonctionne d'ailleurs très bien.

2° *Les redresseurs à cathode incandescente* (type Kenotron-Tungar) : soit tube à vide contenant un filament porté à l'incandescence et une anode formée d'une plaque ou cylindre métallique (nickel, molybdène), c'est le type Kenotron pour les hautes tensions.

Soit pour les basses tensions, le type Tungar : filament de tungstène à l'incandescence placé dans une ampoule contenant de l'argon à faible pression, l'anode placée au-dessus est en graphite. Ces appareils, où l'anode est portée à une certaine tension, ne laissent passer le courant que dans un sens : du filament à l'anode dans le tube.

3° *Les redresseurs mécaniques* (type Soulier) où une lame d'acier polarisée vibrant sous l'influence du courant alternatif ne laisse passer le courant du côté continu que quand celui-ci a le sens voulu en fermant un contact à un moment déterminé de sa course.

Le nouveau redresseur est entièrement mécanique et analogue à la soupape Soulier, mais il

utilise les 2 alternances du courant, ce qui donne un bien meilleur rendement à l'appareil et augmente la rapidité de charge.

En général le trembleur fonctionne plus ou moins bien, car sa fréquence de vibration est quelconque, tandis qu'ici le trembleur a une période bien déterminée et facile à obtenir ; ainsi pour le courant alternatif à 60 périodes le trembleur doit vibrer 120 fois par seconde.

Il comprend essentiellement un transformateur abaisseur de tension avec un rhéostat en série, un aimant permanent en forme U avec 2 petites

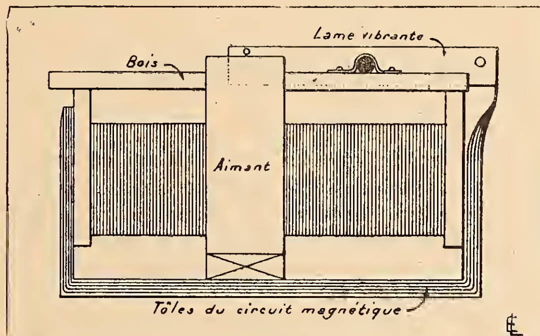


Fig. 1.

pièces polaires et une lame vibrante dont une extrémité est fixée à l'armature en fer du transformateur (fig. 1, 2 et schéma 3).

Cette lame porte 2 contacts sur chaque côté de façon à venir toucher 2 autres contacts en charbon. Le noyau de fer du transformateur est formé d'un assemblage de fil de fer doux dans un tube de fibre de 12 cm de longueur et 3, 5 de diamètre ; les 2 extrémités sont réunies par un assemblage de 8 tôles minces de fer doux pour fermer le circuit magnétique.

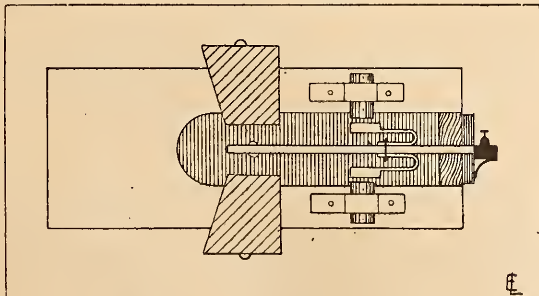


Fig. 2.

Le secondaire comprend 1 enroulement de 134 tours de $1^{mm},6$ de diamètre (isolé au coton) le point milieu, donc au potentiel zéro, formant un des pôles du courant continu ; les 2 extrémités du fil allant aux deux contacts en charbon. Le primaire enroulé en 4 couches par dessus le secondaire comprend 520 tours de $0^{mm},65$ de diamètre et absorbe 100 watts à 115 volts en donnant du côté continu 15 volts 6 ampères ; pour une plus faible puissance, 2 couches au primaire donnent 50 watts, soit 10 volts et 4 ampères au plus.

L'extrémité de la lame vibrante porte un rivet en cuivre sur chaque face pour éviter qu'elle ne vienne coller sur les pôles de l'aimant.

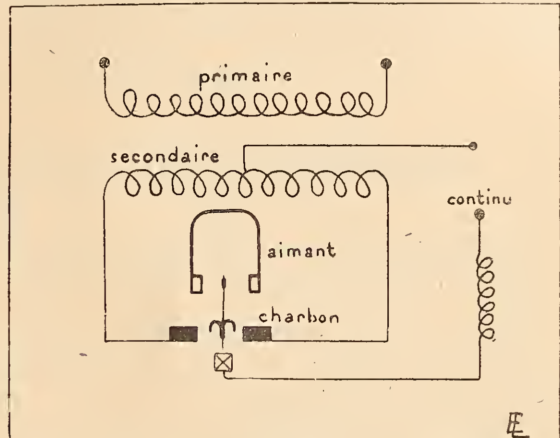


Fig. 3.

A chaque inversion du courant alternatif, l'aimantation du fer du transformateur change de sens, celle de la lame vibrant également ; celle-ci

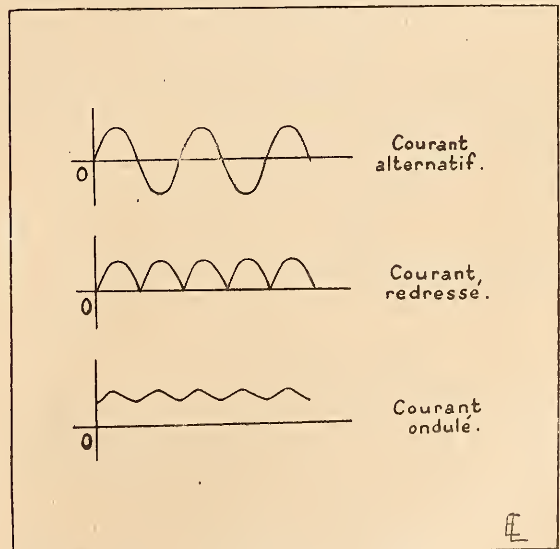


Fig. 4.

est donc attirée par l'autre pôle de l'aimant permanent ; le résultat est que le courant passant par la lame flexible a le même sens, déterminé par la

polarité de l'aimant que l'on place une fois pour toutes dans le sens voulu. Pour voir où est le pôle + il suffit de plonger les 2 fils côté continu dans de l'eau acidulée, celui donnant le plus fort dégagement de gaz est le pôle négatif. Tel que, le courant continu est ondulé; on peut diminuer les modulations en mettant en série une forte bobine de self de faible résistance ohmique et qui s'opposera aux changements d'intensité. Ceci est encore amélioré pour les plus fortes tensions, surtout en mettant en parallèle sur les bornes continu des condensateurs de forte capacité, par exemple 4 ou 8 mfd. La figure 4 montre que l'on peut avoir ainsi pratiquement du courant continu.

D'ailleurs, ce dispositif est applicable et est employé sur tous les redresseurs statiques actuellement utilisés. Cet appareil très simple peut facilement être construit par l'amateur lui-même.

J. QUINET,
Ingénieur (E. S. E.).

PRATIQUE INDUSTRIELLE

Essai au frein des moteurs électriques.

Nous entendons parler ici des petits moteurs et des moteurs de force moyenne employés dans les ateliers.

Il est évident que pour connaître la puissance, il suffit de se reporter aux indications fournies par la plaque du constructeur.

Ainsi, soit les caractéristiques suivantes (1):

Continu. — Volts : 110; ampères : 10.

La puissance absorbée par le moteur est de :

$$110 \times 10 = 1.100 \text{ watts.}$$

et si $n = 80$ %, nous avons comme puissance sur l'arbre :

$$\frac{1.100 \times 0,80}{736} = 1\ 1/4 \text{ HP}$$

Monophasé. — Volts : 110; ampères : 15; $\cos \varphi = 0,8$; puissance absorbée : $110 \times 15 \times 0,8 =$ 1.320 watts.

Et soit $n = 80$ %, nous avons :

$$\frac{1.320 \times 0,8}{736} = 1,43 \text{ HP}$$

Triphasé. — Volts : 220; ampères : 5; $\cos \varphi = 0,8$; puissance absorbée :

$$220 \times 5 \times 0,8 \sqrt{3} = 1.522 \text{ watts.}$$

Et soit $n = 85$ %, nous avons :

$$\frac{1.522 \times 0,85}{736} = 1,75 \text{ HP}$$

Si nous voulons contrôler le rendement indiqué par le constructeur et par conséquent la puissance garantie, nous devrons faire l'essai au frein.

FREIN A BANDE

Pour les petits moteurs jusqu'à 2 HP, nous emploierons le frein à bande, lequel peut être fabriqué en quelques instants. Il se compose : 1° d'un peson à ressort; 2° d'une sangle en forte toile de même largeur que la poulie et devant embrasser au moins la moitié de la circonférence de cette dernière; 3° d'un plateau destiné à recevoir des poids (fig. 1).

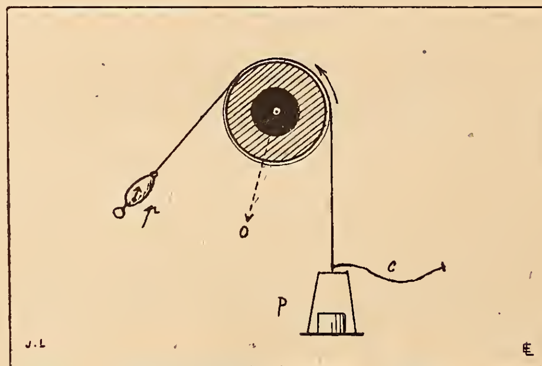


Fig. 1.

Essai au frein à bande d'un moteur à courant continu. — Soit un moteur : $E = 110$ volts

$I = 12$ ampères.

$n = 80$ %

Pour faire l'essai, nous placerons d'abord un ampèremètre dans le circuit de l'induit et un voltmètre en dérivation (fig. 2). Ensuite nous mettrons le frein sur la poulie comme l'indique la figure 1 et nous mettrons en marche.

Deux personnes sont nécessaires pour faire l'essai; la première maintiendra la sangle sur la poulie en tirant sur le peson, pendant que la seconde personne chargera progressivement le moteur en ajoutant des poids sur le plateau et ceci jusqu'à ce que l'ampèremètre indique l'intensité

1. Afin d'éviter toutes confusions que pourrait provoquer la lettre R, nous prendrons ici la lettre n comme indiquant le *rendement*.

admise de 12 ampères. A ce moment la même personne notera : 1° la lecture ci-dessus de l'ampèremètre et celle du voltmètre ; 2° l'indication fournie par le peson p et les poids P. Ensuite elle placera immédiatement dans l'axe O de la poulie un compte-tours et, avec une montre à secondes, elle relèvera le nombre de tours à la minute effectués par le moteur ; les diverses opérations étant effectuées, on coupera le courant, l'essai étant terminé.

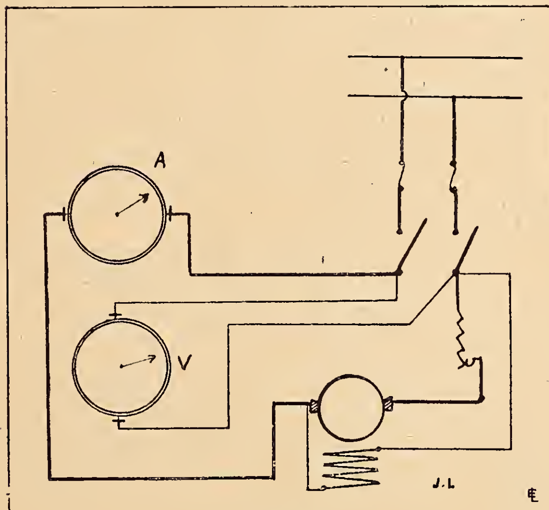


Fig. 2.

La puissance est donnée par la formule :

$$P = \frac{C \times P - p \times N}{60 \times 75}$$

dans laquelle :

C = circonférence de la poulie en mètre.
P = poids mis dans le plateau.
p = poids indiqué par le peson.
N = nombre de tours à la minute.

Dans l'exemple présent, si les chiffres obtenus au cours de l'essai au frein sont les suivants

E = 110 volts.
I = 12 ampères.
Et :
P = 10 kilos.
p = 3 kilos.
N = 1.500 tours

et si, d'autre part, le diamètre de la poulie est de 20 cm, soit $0{,}20 \times \pi = 0^{m}{,}62$ de circonférence.

Nous avons :

$$P = \frac{0{,}62 \times (10 - 3) \times 1.500}{60 \times 75} = 1{,}44 \text{ HP}$$

Rendement. — Puissance sur l'arbre donnée au frein : 1,44 HP.

$$\text{Puissance absorbée : } \frac{110 \times 12}{736} = 1{,}80 \text{ HP}$$

$$\text{d'où } n = \frac{1{,}44}{1{,}80} = 80 \%$$

chiffre concordant bien ici avec celui indiqué par le constructeur.

Nota. — On fixera au plateau une corde C (maintenue assez libre pour ne pas influencer les essais), afin de prévenir éventuellement toute projection dangereuse des poids.

FREIN DE PRONY

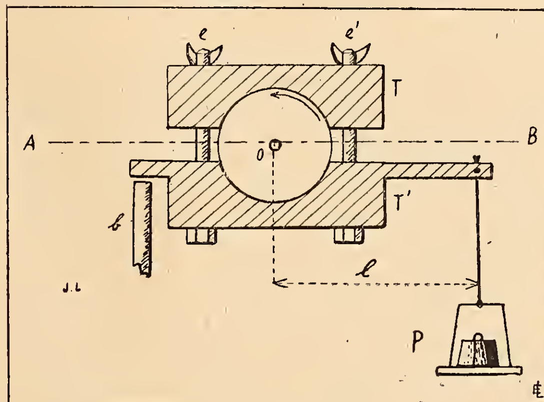


Fig. 3

Pour les moteurs d'une certaine puissance, l'essai se fait au frein de Prony.

Celui-ci comprend deux tasseaux de bois T T' en forme de mâchoires épousant la forme de la poulie ; le tasseau inférieur comporte un prolongement ou levier destiné à supporter le plateau où seront mis les poids. Deux écrous *e e'* permettent par leur serrage de rapprocher les deux mâchoires l'une de l'autre et ainsi faire pression sur la poulie progressivement (fig. 3).

Essai au frein de Prony d'un moteur à courant continu. — Soit un moteur : E = 220 volts ; I = 33 ampères.

$$n = 85 \%$$

Pour faire l'essai, nous opérerons d'abord comme précédemment en ce qui concerne l'ampèremètre et le voltmètre. Puis, le frein une fois en place, nous mettrons en route :

On commencera à serrer les deux écrous *e e'* : le système ayant tendance à être entraîné par la poulie viendra aussitôt appuyer contre le butoir *b*. On continuera à serrer progressivement et jusqu'à ce que l'ampèremètre indique la charge limite de 33 ampères. A cet instant on placera dans le plateau des poids P jusqu'au moment où, ayant quitté

le butoir, le système sera redevenu parfaitement horizontal, c'est-à-dire suivant l'axe AB : Il y aura alors équilibre.

On notera la lecture de l'ampèremètre et du voltmètre et on relèvera avec le compte-tours et la montre à secondes le régime du moteur.

L'essai sera terminé.

La puissance est donnée par la formule :

$$P = \frac{2\pi \times L \times P \times N}{60 \times 75}$$

dans laquelle :

L = longueur en mètres de bras du levier l (la distance entre l'axe de la poulie et l'axe de la tige porte-plateau : figure 3).

P = Poids en kilos mis sur le plateau.

N = Nombre de tours à la minute.

Dans notre exemple, si les chiffres obtenus en cours d'essai sont les suivants

E = 220 volts.

I = 33 ampères.

Et :

P = 10 kilos.

L = 0m,50.

N = 1.200 tours à la minute.

Nous avons :

$$P = \frac{2 \times 3{,}14 \times 0{,}50 \times 10 \times 1.200}{60 \times 75} = 8{,}37 \text{ HP}$$

Rendement. — Puissance sur l'arbre donnée au frein : 8,37 HP.

Puissance absorbée aux bornes :

$$\frac{220 \times 33}{736} = 9{,}86 \text{ HP}$$

$$\text{d'où } n = \frac{8{,}37}{9{,}86} = 85 \% \text{ environ.}$$

Pour obvier à la chaleur dégagée durant l'essai, on arrosera la poulie avec de l'eau de savon en ayant soin que cette eau ne vienne pas en contact avec les parties électriques du moteur.

Essai au frein des moteurs à courant alternatif. — L'essai au frein des moteurs à courant alternatif, mono et triphasé, s'effectue de la même façon que précédemment. Cependant, il ne faut pas employer ici de voltmètre, sans quoi nous ne connaîtrions que la puissance apparente fournie aux bornes. On placera donc dans le circuit : un ampèremètre qui indiquera le courant maximum du moteur ; un wattmètre qui donnera la puissance réelle absorbée (Si le moteur est triphasé, les phases étant ici équilibrées, la puissance totale absorbée = p par phase × 3).

Jean Lajugie,
Ingénieur-électricien.

Calcul simplifié des lignes d'éclairage.

++++++++

Cette petite note répond à une catégorie de questions souvent posées par nos lecteurs.

Il faut compter que les lampes consomment en moyenne :

Carbone, 3 watts 5 par bougie.

Métal monowatt, 1 watt à 1 watt 2 par bougie.

Dites demi-watt, 0 watt 9 à 1 watt par bougie jusqu'à 50 bougies ; au-dessus de cette intensité lumineuse, elles se rapprochent du 1/2 watt par bougie et y arrivent vers 100 bougies.

Avec ces données, il est facile d'établir un tableau d'ampérage pratiquement, quel que soit le voltage.

Par exemple : une carbone de 16 bougies consommera sous 110 volts :

$$\frac{3 \text{ w.}5 \times 16 \text{ B}}{110 \text{ v.}} = 0 \text{ ampère } 5 \text{ environ.}$$

une monowatt 25 bougies sous 220 volts :

$$\frac{1 \text{ w.} \times 25 \text{ B}}{220 \text{ v.}} = 0 \text{ ampère } 12 \text{ environ.}$$

Pour le calcul des conducteurs, l'opération est différente en courant continu et en courant alternatif.

Elle diffère également suivant les cas :

Installation de centrale, section la plus économique dépendant de plusieurs facteurs (coût du courant, amortissement de l'installation, chute de tension...)

Installation particulière : coût le plus bas en évitant simplement de dépasser une densité limite imposée et peut-être une chute de tension limite.

Nous envisagerons ce dernier cas simplement : vérification de la densité de courant et de la chute de tension en ligne.

En courant continu d'abord.

Le mieux est le plus souvent de prendre le catalogue d'un fabricant de fils qui donne tous les renseignements nécessaires. J'ouvre, par exemple, celui de Geoffroy et Delore.

J'y trouve : le diamètre des fils ; leur section en millimètres carrés ; leur résistance en ohms par km à 20° C ; un tableau de coefficients de température pour ramener la résistance de 20° à t° (pratiquement on peut, la plupart du temps, calculer sans se servir de ce tableau).

Un diagramme de la chute de tension par 100 m pour une section et une intensité données.

Un tableau donnant pour les fils sous moulures bois : intensité, diamètre, densité, chute de tension,

pour limiter l'élévation de température à 10° C.

Avec toutes ces données, il est facile de se tirer d'affaire dans la plupart des cas.

On fera d'abord un petit schéma de la distribution à installer donnant les longueurs et les intensités en ampères. Suivant la densité imposée, on prendra la section au catalogue. Si la chute de tension est imposée aussi, on calculera avec les données du catalogue la résistance de la ligne dans chaque partie ayant même intensité (simple multiplication), on multipliera encore cette résistance par l'intensité pour avoir la chute de tension et on choisira la section convenable.

Si la distribution est un peu compliquée, on peut utiliser la formule un peu moins simple aussi :

$$u_n = l_n \sqrt{i_n} \cdot \frac{U}{\Sigma (l \sqrt{i})}$$ dans laquelle

$\Sigma (l \sqrt{i})$ = somme des longueurs par racine des intensités dans les tronçons ;

Un = chute de tension dans un tronçon ;

U = chute de tension à l'extrémité.

Si l'on a un certain nombre d'installations où la chute de tension est à respecter, on peut se constituer un diagramme en portant en abscisses les longueurs en mètres, en ordonnées les mm² par ampère (ou la densité) et en résultantes les chutes de tension, ou utiliser le diagramme du catalogue ci-dessus.

Pour le courant alternatif le calcul est un peu plus compliqué par suite de la self-induction, de la capacité...

Voici des formules donnant la section en fonction de la puissance :

En monophasé :

$$S = 2\rho \frac{lP}{p\, U^2 \text{eff.} \cos^2 \varphi}$$

En triphasé :

$$S = \rho \frac{lP}{p U^2 \text{eff.} \cos^2 \varphi}$$

S = section des conducteurs en mm² ;

ρ = résistivité en microhms cm par cm² (1,8 en général pour le cuivre) ;

l = longueur simple de la ligne en mètres ;

P = puissance en watts à l'arrivée ;

U eff. = tension en volts à l'arrivée entre conducteurs ;

p = Perte d'énergie en % ;

φ = décalage.

Voici le calcul de la chute de tension :

En monophasé :

$$U' = \sqrt{(U \cos \varphi + 2\, RI)^2 + (U \sin \varphi + L\, \omega\, I)^2}$$

En triphasé :

$$U = \sqrt{(U \cos \varphi + \sqrt{3}\, RI)^2 + (U \sin \varphi + \sqrt{3}\, L\, \omega\, I)}$$

R = résistance ohmique ;

I = intensité ;

L = self-induction ;

ω = pulsation.

Pratiquement, dans les petites installations simples, on n'a même pas à faire usage de ces formules, la self-induction étant négligeable (sauf celle du moteur s'il y en a un) et ce qui a été dit pour le courant continu est en général suffisant.

FORNARO.

Voltage d'essais obtenus au moyen de compensateurs.

Pour déterminer les caractéristiques des moteurs d'induction, soit par la méthode de l'épure circulaire, soit au moyen du frein de Prony, il est bon de faire un nombre suffisant de lectures à différents voltages. Ces voltages peuvent être obtenus au moyen d'un compensateur ordinaire de démarrage. Si un nombre suffisant d'échelons ne peut pas être obtenu au moyen d'un seul compensateur, on peut en mettre deux en série.

Ainsi, si nous obtenons au moyen d'un seul compensateur 40, 58, 70, 85 et 100 % du voltage de ligne, avec deux nous pourrons avoir 16 ; 23,20 ; 28 ; 33,64 ; 34 ; 40 ; 40,60 ; 49 ; 49,30 ; 58 ; 59,50 ; 70 ; 72,25 ; 85 et 100 %. En éliminant ceux qui sont pratiquement les mêmes, nous aurons encore 10 échelons de 16 à 100 % du voltage de ligne. Si un voltage supérieur à 100 % est nécessaire, on peut l'obtenir en inversant les connexions d'un compensateur construit pour un plus haut voltage de ligne et en l'employant pour élever le voltage au lieu de l'abaisser. Ainsi, en essayant un moteur de 440 volts, si la ligne est connectée au point de 85 % d'un compensateur à 550 volts, on pourra obtenir 518 volts.

Une objection à l'emploi des compendateurs et le temps nécessaire pour le passage d'un voltage à un autre. Pour réduire ce temps perdu, la Brown Company de Berlin utilise le dispositif suivant : deux interrupteurs à cadran sont montés sur l'avant d'un compensateur biphasé. Ces interrupteurs ont été construits simplement au moyen d'une plaque d'ardoise de 2 cm 4 × 30 cm × 35 cm et de pièces séparées d'interrupteurs ordinaires. Le voltage d'essai peut être rapidement modifié en déplaçant les lames d'un contact à l'autre.

Le même dispositif peut être employé sur un compensateur triphasé en employant une plus grande plaque d'ardoise et trois interrupteurs à cadran.

M. G.

CHRONIQUE -- COMMUNICATIONS

Essais comparatifs de soudures électriques.

Dans une étude sur la soudure des métaux, parue dans *General Electrical Review*, l'auteur commence par une rapide description des diverses méthodes en usage pour l'union intime de deux pièces métalliques : soudures d'étain, d'argent, d'or et soudures autogènes.

Il rappelle ensuite brièvement les relations qui existent entre la structure des métaux et les traitements mécaniques et thermiques auxquels ils sont assujettis : par exemple que la structure des métaux fondus et refroidis lentement est nettement cristalline, que la grandeur des cristaux est en raison inverse de la rapidité de refroidissement que les opérations mécaniques ont pour effet la diminution de l'ordre de grandeur des cristaux et qu'enfin, le recuit suivi d'un lent refroidissement, rétablit plus ou moins complètement la structure du métal altéré par les opérations mécaniques précédentes.

Il donne ensuite les résultats d'une série d'expériences sur les soudures faites au moyen de la machine à souder électrique Thomson, expériences qui ont pour but de rechercher les détails d'exécution qui donnent les meilleurs résultats.

On avait choisi pour les expériences un acier au creuset à faible teneur en carbone satisfaisant aux limites suivantes de compositions :

Carbone : pas moins de 0,13 pour 100 et pas plus de 0,25 pour 100;
Manganèse : pas plus de 0,30 pour 100;
Phosphore : pas plus de 0,04 pour 100;
Soufre : pas plus de 0,05 pour 100.

Un tel acier était forgé en barres octogonales de 15^{cm},2 de long et de 25^{mm},4 de diamètre, recuites à 850° pendant quatre heures et refroidies ensuite lentement.

Les expériences furent faites au moyen d'une machine à souder Thomson qui permettait l'usage de courants jusqu'à 22.000 ampères. Les barres étaient placées dans les mâchoires de la machine, de façon que les extrémités à souder débordent des supports de 25^{mm},4, c'est-à-dire d'une longueur égale au diamètre. Ces extrémités étaient ensuite pressées l'une contre l'autre; en faisant passer le courant d'une barre à l'autre, la chaleur développée par effet Joule (surtout à cause de la forte résistance de contact) portait rapidement le métal à la température de soudure.

On enlevait ensuite de la barre résultante une section transversale de 12 mm. d'épaisseur, contenant au centre la soudure et on la divisait ensuite en deux parties par une coupure diamétrale. Une des deux demi-sections était examinée au microscope ; l'autre était recuite en la portant pendant une heure à 875° et en la faisant refroidir lentement ; on en nettoyait la surface au moyen d'un acide ou d'un autre réactif et on la soumettait ensuite à l'examen microscopique. En faisant varier l'intensité et le temps d'application du courant, on faisait varier la température et les dimensions des parties réchauffées. Une trentaine de soudures furent faites suivant les trois types suivants :

1° Soudures faites avec un courant très intense appliqué pendant un temps relativement long. Flamme intense.

2° Soudures faites avec un courant plus faible et appliqué pendant un temps plus court de façon à porter le métal à une température plus basse que celle réalisée dans les conditions précédentes, mais sur une zone également étendue. Petite flamme.

3° Soudures faites au moyen d'un courant mesuré de façon à atteindre exactement la température de soudure (1.200° environ) et appliqué pendant un temps suffisamment court pour n'échauffer que les têtes des barres. Absence de flamme.

Les soudures (1°) se révélèrent imparfaites à cause de l'irrégularité de structure du métal dans la région de la soudure, de la décarburation constatée dans le voisinage de la soudure elle-même et des fortes soufflures dues à une véritable fusion qui se produisait dans le métal. Le recuit corrigeait partiellement ces défauts, mais la zone de soudure restait toujours plus faible que la masse restante du métal.

Les soudures (2°) étaient déjà meilleures, les inconvénients ci-dessus se présentant encore, mais très atténués.

Les soudures (3°) furent excellentes au point que, après le recuit, il fut difficile de trouver des différences entre la partie soudée et la partie normale du métal. L'usage de pressions très élevées a été trouvé utile pour ce dernier type de soudure.

M.G.

Le paiement des fournitures

faites pendant l'occupation.

Le ministre des Régions libérées a été appelé à donner son avis sur la question de savoir si les entreprises indus-

trielles d'éclairage (électricité ou gaz) seraient fondées à comprendre dans leur demande d'indemnité pour dommage de guerre le montant des fournitures de gaz et d'électricité faites, pendant l'occupation ennemie, aux villes et aux particuliers, ou si le règlement de ces fournitures, qui ont profité pour partie à l'ennemi, logé chez l'habitant ou dans les établissements municipaux, doit être effectué par les villes ou par les consommateurs.

Le ministre a fait connaître comme suit la manière de voir qui lui paraît possible, au point de vue théorique comme au point de vue pratique :

Les sociétés intéressées doivent réclamer le payement à leurs débiteurs directs, mais il appartient aux villes et aux abonnés de demander, chacun en ce qui les concerne, réparation du dommage de guerre qu'ils ont subi du fait de l'utilisation, par l'occupant qu'ils logeaient, du courant électrique ou du gaz, sauf à apporter la preuve de cette utilisation, qui constituerait une véritable réquisition.

Les sociétés d'éclairage ne semblent pas qualifiées, d'autre part, pour rechercher qui a utilisé le gaz ou l'électricité fourni par elles pendant la période d'occupation. Il incombe donc aux villes et aux particuliers d'établir, avec les éléments qu'ils possèdent, une discrimination exacte entre la quantité de gaz ou d'électricité dont le payement leur est demandé et celle qu'ils ont utilisée pour leur consommation respective, la différence entre les deux chiffres constituant la réquisition.

Il semble difficile d'admettre, d'ailleurs, que les sociétés d'éclairage intéressées puissent invoquer, en l'espèce, un dommage direct dans le sens de la loi du 17 avril 1919.

UNE ENQUÊTE SUR la traction électrique par accumulateurs.

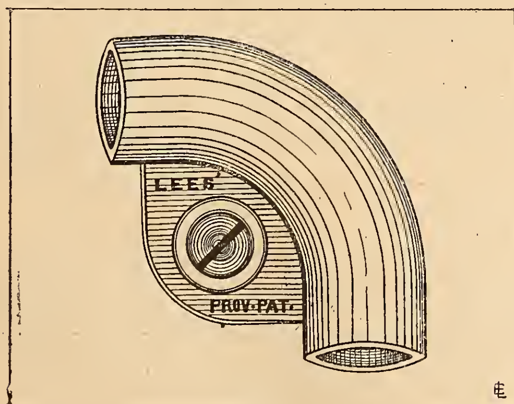
La cinquième commission de l'Union des Syndicats de l'électricité vient de mettre à l'étude les problèmes qui se rattachent au développement de la traction électrique par accumulateurs. Il semble, en effet, que la technique actuelle soit suffisamment au point pour permettre de construire des véhicules de modèles très divers donnant de bons résultats dans la pratique et d'autre part, étant donné les prix extrêmement élevés des combustibles liquides, la traction électrique sera sans doute plus économique que la traction par moteur à essence.

La 5e commission fait appel à toutes les personnes compétentes pour leur demander de lui soumettre toutes les idées ou documents qu'elles jugeraient pouvoir être utiles au développement de la traction électrique par accumulateurs.

Elle les remercie d'avance et les prie d'adresse leurs réponses à M. le Secrétaire Général de l'Union des Syndicats de l'Electricité, 7, rue de Madrid, Paris.

Inventions. — Appareils et procédés nouveaux.

PERFECTIONNEMENTS APPORTÉS A LA MISE A LA TERRE DES CONDUITES D'UNE INSTALLATION.



Fg. 1.

MM. Lees ont muni les tubes coudés d'une pièce spéciale destinée à recevoir le fil de terre qui y est fortement serré à l'aide d'une clé (fig. 1). Tous les coudes de la canalisation peuvent de cette façon être mis à la terre avec le maximum de sécurité.

INTERRUPTEURS A RESSORT.

Un interrupteur à rupture brusque comprend (fig. 2) une lame 8 qui s'engage entre des contacts fixes 2 et 3 et pivote en 9 entre un crochet en forme d'U fixé au socle. L'action rapide est produite par un ressort 17 comprimé sur une tige 14 dont une des extrémités pivote sur la lame et dont l'autre extrémité passe à travers un trou situé à la base du crochet. Le ressort est normalement comprimé

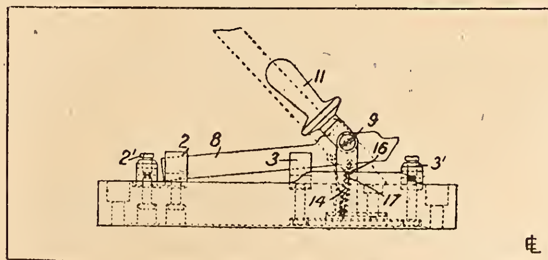


Fig. 2.

entre la base du crochet et une rondelle réglable 16 vissée sur la tige. La poignée 11 est libre et montée sur le même pivot 9. En manœuvrant la poignée, la tige du ressort qui tend à maintenir l'interrupteur fermé est déplacée

pour ouvrir rapidement l'interrupteur et pour l'y maintenir. Les contacts fixes sont maintenus par les colliers aux points terminaux 2', 3' (Br. Angl. 136.876.) M. M.

PERFECTIONNEMENTS DANS LES DISPOSITIFS DE DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE (Disjoncteurs automatiques).

Le dispositif est caractérisé (fig. 3) par un coupe-circuit ou disjoncteur automatique à maxima, formé par un conducteur fragile en forme de tube, combiné avec un organe produisant une pression suffisante pour amener la destruction du conducteur.

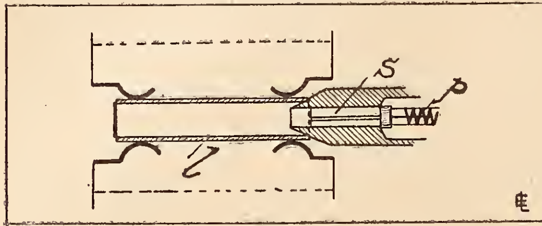


Fig. 3.

Le tube *l* est en carbone, et est maintenu par l'intermédiaire de pinces.

Pour engendrer la pression destinée à rompre le tube *l*, on emploie un ou plusieurs détonateurs *s*.

Le circuit auxiliaire contenant les détonateurs en *p*, peut être actionné à la main, par un relais spécial, ou par un thermostat. — (Br. Fr. 499.823.)

COMBINATEUR A COMBINAISONS SECRÈTES

Ce combinateur comprend par exemple 3 commutateurs à 4 directions *a* et 3 plots à fiches *c*. On concoit que cette combinaison, montée comme l'indique la figure 4, permettra la réalisation de connexions secrètes. Elle dépendra de l'emplacement des fiches en *e*.

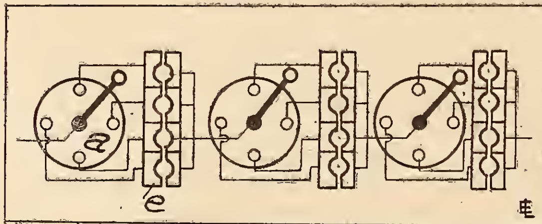


fig. 4.

En multipliant le nombre de commutateurs et le nombre de plots à fiches, on pourra obtenir une infinité de combinaisons. (Br. Fr. 499.850.)

MINUTERIE A HUILE.

La majorité des minuteries que l'on trouve actuellement dans la pratique comprennent un mécanisme d'horlogerie mettant en circuit les lampes de l'escalier pendant un temps réglable.

Ces minuteries sont en général compliquées et peuvent se déranger facilement.

La minuterie proposée dans l'invention comprend un solénoïde *b* capable d'attirer un noyau *e* formant piston. Ce noyau, se déplaçant à l'intérieur du cylindre *n*, agit par une de ses extrémités sur les contatcs *a* et *s* (fig. 5).

Dès que le contact est fermé sur le solénoïde *b*, le piston *e* monte et ferme le circuit des lampes.

En montant, il chasse l'huile (minérale) contenue dans la partie supérieure, et le clapet *f* s'ouvre.

Quand le contact est ouvert, le noyau tend à retomber, mais l'entrée de l'huile, qui est commandée par la vis *g*,

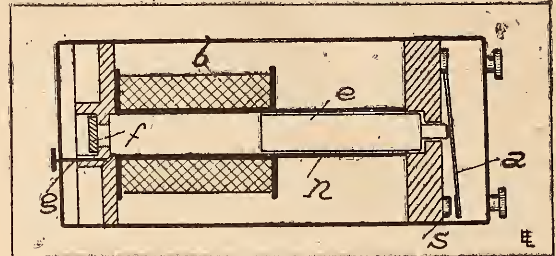


Fig. 5.

ne s'effectue que très lentement, si bien que les contacts en *a* et *s* ne sont ouverts qu'après un temps variable.

Ce temps peut être réglé à l'aide de la vis *g* qui agit sur l'ouverture du canal d'entrée de l'huile. (Br. 499.880.)

PERFECTIONNEMENTS AUX MONTURES DE BALAIS.

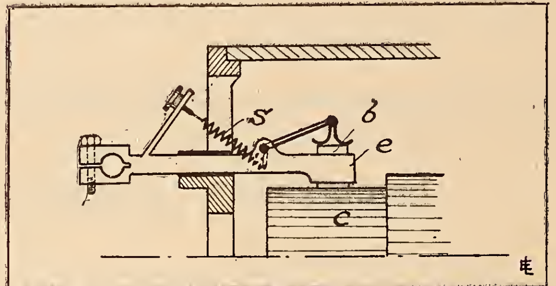


Fig. 6.

Cette disposition a été adoptée pour permettre un montage et un démontage faciles. Le porte-balais *e* est monté sur le bâti de la machine par l'intermédiaire d'un anneau (fig. 6).

Une des extrémités du porte-balais est destinée à recevoir les conducteurs, tandis que l'autre porte le balais *b*, dont la pression sur le collecteur *c* peut être réglée de l'extérieur, par un dispositif à ressort *s*. — (Br. Fr. 500.391.)

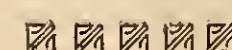
ÉLÉMENT DE RÉSISTANCE RÉAGISSANT A LA LUMIÈRE.

L'invention a trait à une matière analogue au sélénium, faisant partie d'un circuit électrique, et dont la résistance varie quand elle est exposée à la lumière. On emploie de l'oxysulfure de thalllium. L'oxydation doit être très légère. On peut l'obtenir en laissant pénétrer un peu d'air dans le récipient à vide, dans lequel le sulfure de thallium est séché après précipitation.

L'élément est monté avec un support vide d'air.

La variation de résistance est maximum dans la zone infra-rouge du spectre. Il peut donc être utilisé comme récepteur de signaux. — (Br. F. 499.913 et 914.)

P. M.

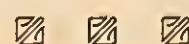


L'ÉCOLE DE L'ÉLECTRICIEN

Enseignement pratique de l'électricité industrielle.

Nous rappelons que dans le but d'intéresser d'une façon particulière les lecteurs de cet enseignement à un travai suivi, qui puisse leur être réellement profitable, nous avons ouvert entre eux un **CONCOURS**, *doté de* **PRIX**.

Des **MENTIONS** seront en outre délivrées à tous les participants dont les envois auront obtenu une moyenne au moins égale à la note 14. Nous invitons tous nos lecteurs à nous adresser, dans le délai d'un mois, les solutions des problèmes proposés. Des *mentions* seront décernées à tous ceux qui auront obtenu une moyenne d'au moins 14 pour un nombre de problèmes dont le minimum sera déterminé par le jury du concours.



ÉTUDE DE L'ÉLECTROMAGNÉTISME *(Suite)*.

SOMMAIRE : *Propriétés du circuit magnétique. Fuites magnétiques. Circuits pratiques, entrefers. Influence de l'entrefer. Forme à donner aux extrémités polaires; pièces polaires. Electro-aimants. Force portante d'un électro-aimant. Emploi des électro-aimants.*

§ 40. PROPRIÉTÉS DU CIRCUIT MAGNÉTIQUE

Dans le calcul du flux Φ, nous avons vu que l'on a :

$$\Phi = \frac{4\pi NI}{10\, l} \times \mu S,$$

qu'on peut mettre dans la forme :

$$\Phi = \frac{4\pi NI}{\frac{10\, l}{\mu S}}$$

On a donné, comme nous l'avons dit, le nom de force magnétomotrice au produit $\frac{4\pi NI}{10} = F$.

Quant à la quantité $\frac{l}{\mu S}$, on l'a appelée *réluctance* du circuit magnétique, par analogie avec la résistance du circuit électrique et on la représente par la lettre $\mathcal{R}$, on a donc :

$$\mathcal{R} = \frac{l}{\mu S}$$

On voit que cette réluctance, comme la résistance, sera d'autant plus grande que la longueur du circuit magnétique sera plus importante, que la section S sera plus petite ainsi que la perméablitité.

La perméabilité μ sera l'analogue de la résistivité dans le cas du circuit électrique.

D'après ce que nous venons de dire, le flux sera donc représenté, dans le circuit magnétique, par :

$$\Phi = \frac{F}{\mathcal{R}}$$

Si nous comparons cette formule à celle de la loi d'Ohm dans le circuit électrique :

$$I = \frac{E}{R}$$

nous voyons qu'il y a analogie.

Mais alors que, dans un circuit électrique donné, la résistance R de ce circuit varie de quantités très faibles avec l'intensité du courant, cette intensité restant dans les limites prévues pour ne pas accroître l'échauffement du circuit, il n'en est pas de même pour la réluctance, qui peut varier considérablement avec la perméabilité, c'est-à-dire avec l'intensité du champ.

Remarquons, d'autre part, que, dans le circuit magnétique, il n'y a pas production de chaleur par le fait de la réluctance et de l'intensité du champ comme dans le circuit électrique, où l'effet Joule RI^2 absorbe de l'énergie. Donc, le passage d'un flux continu dans un circuit magnétique n'entraîne pas d'absorption d'énergie.

Dans le circuit magnétique il se produit des dispersions de flux, c'est-à-dire des fuites, que nous allons examiner ci-dessous, dont on est obligé de tenir compte, ce qui n'existe pas dans le circuit électrique, de façon générale.

§ 41. FUITES MAGNÉTIQUES

Dans ce qui précède, nous avons supposé que le flux se conserve sans déperdition tout le long du circuit magnétique, comme si ce dernier était protégé par un isolant, parce que nous avons admis le champ uniforme et constant. Or, en réalité, l'air n'est pas, au point de vue magnétique, un isolant,

mais simplement un milieu peu perméable aux lignes de force du champ magnétique, comparativement à un métal magnétique.

Supposons un circuit magnétique constitué par un noyau en fer feuilleté (fig. 59) comportant un bobinage sur une partie seulement de son parcours.

Cette bobine produira une force magnétomotrice qui donnera naissance à un flux magnétique Φ dont le sens des lignes de force sera celui des flèches.

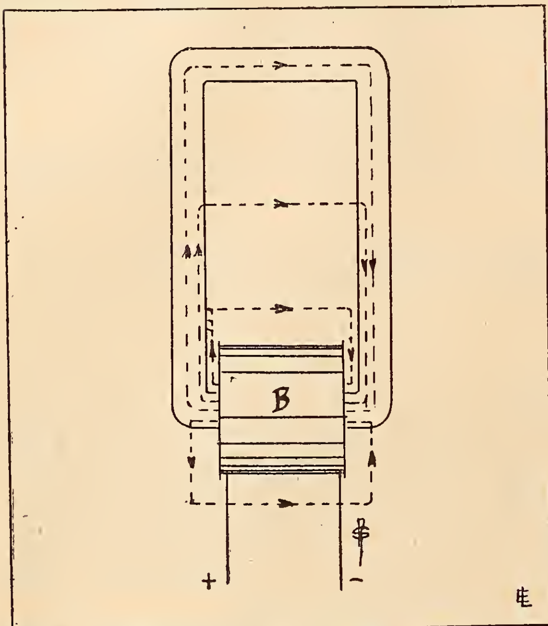


Fig. 59. — Fuites magnétiques.

Mais tout le flux, c'est-à-dire toutes les lignes de force du champ produit, ne suivront pas le fer du noyau. La majeure partie de ces lignes de force sera canalisée par le noyau; une certaine partie, faible d'ailleurs, s'échappera aux extrémités de la bobine pour se fermer à travers l'air. Comme l'air est peu perméable aux lignes de force du champ, on comprend pourquoi ces lignes de force sont peu nombreuses dans l'air; toutefois, leur nombre, c'est-à-dire le flux qu'elles représentent, peut ne pas être négligeable.

En pratique, le flux qui passe dans le noyau est seul utilisé, celui qui se ferme dans l'air restera sans emploi, ce flux est donc perdu.

Ce flux perdu constitue le phénomène des *fuites magnétiques.*

Représentons par Φ le flux total produit par la bobine, par Φ_1 le flux qui passe dans le noyau de fer du circuit magnétique et par Φ_2 l'ensemble des flux de fuite dans l'air, le flux total sera alors

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2.$$

Le flux total Φ sera donc toujours plus grand que le flux dans le fer Φ_1, on pourra donc poser :

$$\Phi = v\,\Phi_1,$$

v étant un coefficient supérieur à 1, on lui a donné le nom de coefficient de dispersion ou *coefficient d'Hopkinson.*

On dira, par exemple, que le coefficient d'Hopkinson d'un circuit magnétique est de 1,2.

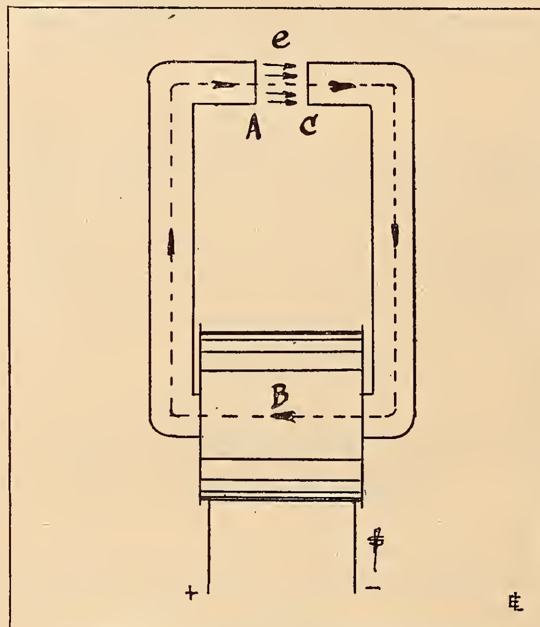


Fig. 60. — Entrefer.

Le flux Φ_2 perdu dans l'air sera, d'après ce qui précède :

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2,$$

de

$$\Phi_2 = \Phi - \Phi_1$$

§ 42. CIRCUITS PRATIQUES. ENTREFER

Les circuits magnétiques utilisés dans les machines se ramènent à celui du schéma (fig. 60).

Ces circuits sont constitués par un noyau de fer N comportant un intervalle d'air AC. C'est cet intervalle qu'on appelle *entrefer.* Une bobine B produit le flux Φ qui circulera dans le noyau et dans l'entrefer, le flux se fermant ici par l'entrefer.

La section du noyau de fer étant supposée uniforme, appelons-la S, ce sera aussi celle de l'entrefer AC. Appelons l la longueur de la partie fer du noyau

et e la longueur de l'entrefer Ac; enfin, représentons par μ la perméabilité du fer.

La réluctance du noyau de fer aura pour valeur :

$$\frac{l}{\mu S}$$

Nous savons que la perméabilité de l'air est 1, la réluctance de l'entrefer sera donc exprimée par :

$$\frac{e}{1 \times s} = \frac{e}{s},$$

puisque le flux utile traversant l'entrefer a pour section S celle du noyau de fer. La réluctance totale du circuit magnétique à entrefer sera donc :

$$\frac{l}{\mu S} + \frac{e}{S}$$

Dans ce nouveau circuit magnétique, fer et intervalle d'air, le flux sera donné par :

$$\Phi = \frac{F}{\frac{l}{\mu S} + \frac{e}{s}}$$

Le plus généralement, il arrive qu'on veut obtenir un certain flux et qu'on veut déterminer quel nombre d'ampères-tours on devra disposer pour cela. La formule ci-dessus écrite sous la forme :

$$F = \Phi \left(\frac{l}{\mu s} \times \frac{e}{s} \right)$$

donnera alors le moyen de déterminer la force magnétomotrice F.

Pour obtenir le nombre d'ampères-tours, nous savons que :

$$F = \frac{4\pi \, NI}{10}$$

On a donc directement :

$$\frac{4\pi \, NI}{10} = n \left(\frac{l}{\mu s} + \frac{e}{s} \right),$$

d'où l'on déduit aisément les ampères-tours NI, c'est-à-dire le courant I et le nombre N de spires de la bobine.

§ 43. INFLUENCE DE L'ENTREFER

La réluctance $\mathcal{R}$ d'un circuit magnétique constitué par un noyau de fer avec intervalle d'air ou entrefer étant, comme nous venons de le voir :

$$\mathcal{R} = \frac{l}{\mu S} + \frac{e}{S},$$

la perméabilité μ atteint, en pratique, dans les machines, la valeur 1.000 environ; le second terme sera, en général, très important, et il y aura avantage, afin de réduire la dépense de courant pour produire un flux déterminé, à réduire le plus possible l'entrefer.

D'après ce qui précède, on voit aussi que l'entrefer Ac (fig. 60) introduit une résistance supplémentaire ; il faudra, pour faire circuler le flux Φ dans le circuit ainsi constitué, un nombre d'ampères-tours total égal aux ampères-tours nécessaires pour faire circuler le flux Φ dans le noyau de fer augmentés des ampères-tours nécessaires à la circulation de ce même flux dans l'entrefer.

La perméabilité de l'air étant très faible, le nombre d'ampères-tours qu'il faudra pour maintenir le flux Φ dans l'entrefer sera de beaucoup plus considérable que dans le noyau de fer.

Les entrefers existant dans les circuits magnétiques des machines électriques, par lesquels se produisent des fuites magnétiques, on est donc obligé d'en tenir compte, comme nous le verrons, pour le calcul des ampères-tours dans ces circuits magnétiques.

§ 44. FORME A DONNER AUX EXTRÉMITÉS POLAIRES

Si dans la formule précédente :

$$\Phi = \frac{F}{\frac{l}{\mu S} + \frac{e}{S}}$$

nous appelons $\mathcal{R}$ la réluctance $\frac{l}{\mu S}$, nous avons la formule générale :

$$\Phi = \frac{F}{\mathcal{R} + \frac{e}{S}}$$

La formule générale de la réluctance d'un circuit magnétique à entrefer sera alors :

$$\mathcal{R} + \frac{e}{S}$$

Dans un circuit magnétique comportant un noyau déterminé, on pourra modifier la réluctance de ce circuit en modifiant l'entrefer de deux façons

1° En diminuant l'épaisseur de l'entrefer ;

2° En augmentant sa section.

On pourra ainsi modifier à la fois convenablement l'épaisseur et la section.

On diminuera donc le plus possible l'épaisseur e de l'entrefer, mais pratiquement les conditions de construction imposent une limite. On agira alors du côté de la section des extrémités polaires, en les épanouissant, comme l'indique la figure 61. Ces épanouissements peuvent être rapportés aux extrémités du noyau ; ils constituent alors des *pièces polaires*.

On comprend que, pour obtenir un effet déterminé, ce dispositif sera très avantageux, puisque, en modifiant ainsi le noyau près de l'entrefer, on n'aura pas à augmenter la section du noyau tout entier, et, par suite, à augmenter les ampères-tours de la bobine, d'où il en résultera une économie de métal, fer et cuivre, de main-d'œuvre et aussi d'énergie.

Nous n'avons pas tenu compte des fuites dans l'entrefer, qui sont importantes. Il est évident qu'elles accroissent, comme nous l'avons dit, l'importance des ampères-tours.

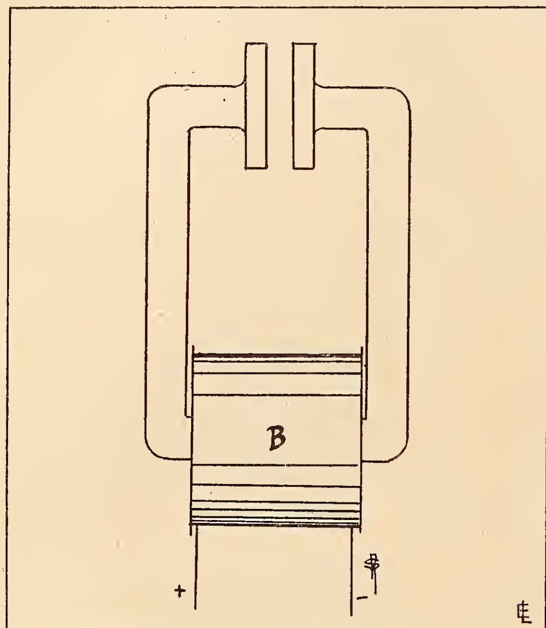


Fig. 61. — Pièces polaires.

§ 45. ÉLECTRO-AIMANTS

Le fer doux s'aimantant dans un champ magnétique et cette aimantation disparaissant dès que disparaît le champ, c'est-à-dire que cesse le courant produisant le champ, on a utilisé cette propriété dans les appareils appelés *électro-aimants*.

Un électro-aimant pourra donc être constitué, comme sur la figure 62, par un noyau de fer S A B N. Ce noyau pourra avoir la forme d'un fer à cheval, comme l'indique cette figure.

Les deux branches A S et B N comporteront les bobines pour la production du champ magnétique. Ces deux branches seront les pôles de l'électro-aimant.

Au point de sortie des lignes de force du champ produit dans le noyau, on constate, en effet, la production de pôles, où paraissent être concentrées les propriétés magnétiques d'attraction et de répulsion ; donc, un pôle nord N et un pôle sud S, tout comme pour un aimant.

Si l'on approche des deux pôles N et S du noyau un morceau de fer doux, d'acier, etc., il s'aimantera, comme nous l'avons dit déjà, par influence, de sorte qu'il se produira une attraction du morceau de fer doux.

Cette attraction s'explique par la considération du flux magnétique produit. Les lignes de force trouvant dans le noyau de fer un circuit de réluctance moindre que dans l'air se précipiteront

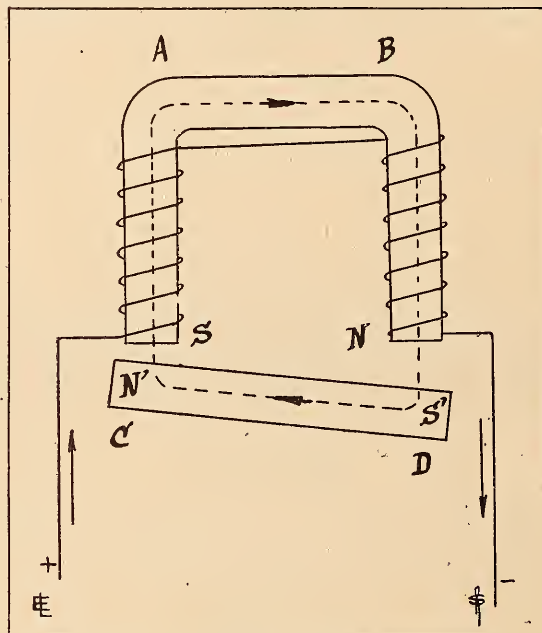


Fig. 62. — Principe de l'électro-aimant.

en majeure partie dans le morceau de fer, si ce dernier est suffisamment rapproché, par leur tendance à se raccourcir, de sorte qu'il y aura attraction du morceau de fer vers le noyau de l'électro-aimant.

L'attraction sera d'autant plus énergique que le morceau de fer aura ses deux pôles N' et S' plus rapprochés des pôles de l'électro-aimant.

L'attraction maximum aura lieu lorsque les pièces arriveront au contact. Ce maximum sera d'autant plus élevé que, pour un nombre d'ampères-tours donné des bobines, le circuit magnétique, constitué par le noyau de l'électro-aimant et le morceau de fer, sera moins réluctant.

Le moindre entrefer a une grande influence, parce qu'il diminue considérablement la puissance d'attraction de l'électro-aimant. Cet entrefer pourra

être diminué en dressant convenablement les surfaces devant entrer en contact.

§ 46. FORCE PORTANTE DES ÉLECTRO-AIMANTS

La *force portante* d'un électro-aimant est le poids, exprimé en kilogrammes, qu'il peut soulever ou porter.

Cette force portante peut être déterminée par le calcul à l'aide d'une formule simple. Appelons :

P la force portante en kilos qu'on veut donner à l'électro-aimant ;

B l'induction dans le noyau de fer doux.

S la section totale du noyau en contact avec l'armature à laquelle sera appliqué le poids soulevé représentant la force portante de l'électro-aimant.

Cette force portante sera représentée par :

$$P = \frac{B^2 S}{8\pi}$$

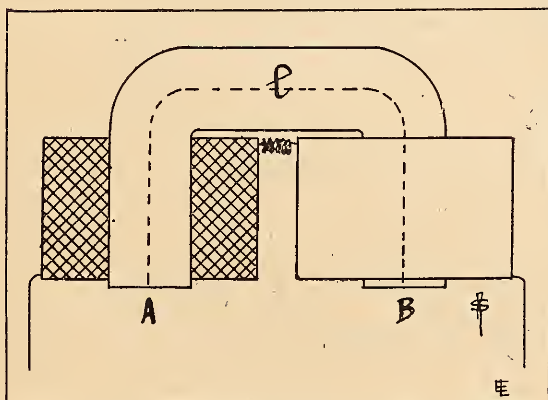


Fig. 63. — Dispositif d'électro-aimant.

Si l'on veut calculer un électro-aimant devant soulever une charge déterminée P, on écrira la formule ci-dessus sous la forme :

$$B^2S = 8\pi P$$

Lorsque la force portante d'un électro-aimant est déterminée d'avance, il y a tout intérêt, si l'on veut économiser le plus possible les matériaux, fer et cuivre, de donner à l'induction une valeur élevée, car alors la section S sera d'autant plus petite et tout le reste en dépendra : longueur du fil, armature, carcasse, etc.

Si l'on se reporte aux tables que nous avons données sur les caractéristiques magnétiques des métaux magnétiques, § 38, l'on verra qu'il n'est pas avantageux de dépasser une valeur de l'induction supérieure à 16.000, parce que, au-delà de cette valeur, les accroissements de l'induction deviennent de plus en plus faibles par rapport à ceux du champ, c'est-à-dire du nombre d'ampères-tours nécessaires à la production de ce champ pour obtenir la force portante déterminée.

En résumé, étant donnée la charge à soulever P, on se fixe la valeur de l'induction B ; *s* est donc déterminée et le problème de la détermination d'un électro-aimant se réduit au calcul des bobines capables de produire le flux.

Nous verrons plus loin une application.

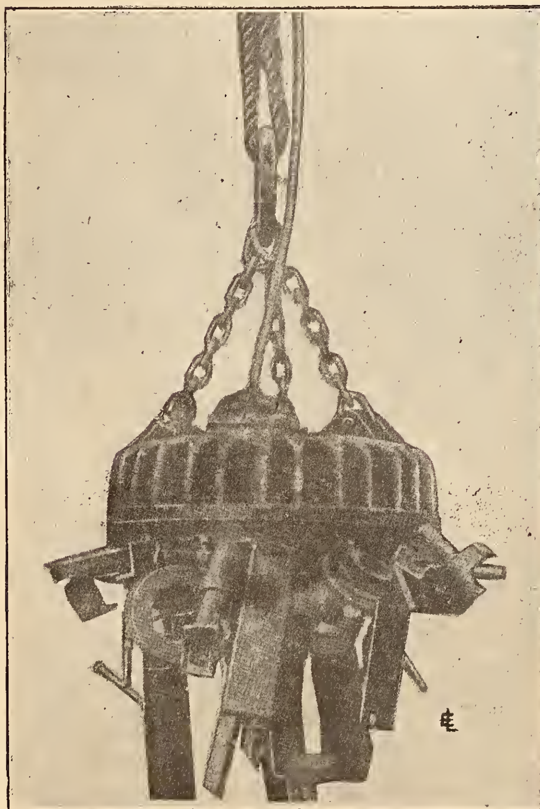


Fig. 64. — Electro-aimant de levage.

§ 77. EMPLOI DES ÉLECTRO-AIMANTS

Les applications des électro-aimants sont extrêmement variées.

Suivant leurs usages, on leur donne des formes appropriées. Dans certains appareils de levage, par exemple, on adopte la forme en fer à cheval, la partie AB (fig. 63) étant remplacée généralement par une pièce prismatique, constituant la culasse de l'électro-aimant, sur laquelle les deux noyaux AS et BN sont assemblés.

Les formes varient suivant le genre d'application. Dans les appareils de levage d'usines métal-

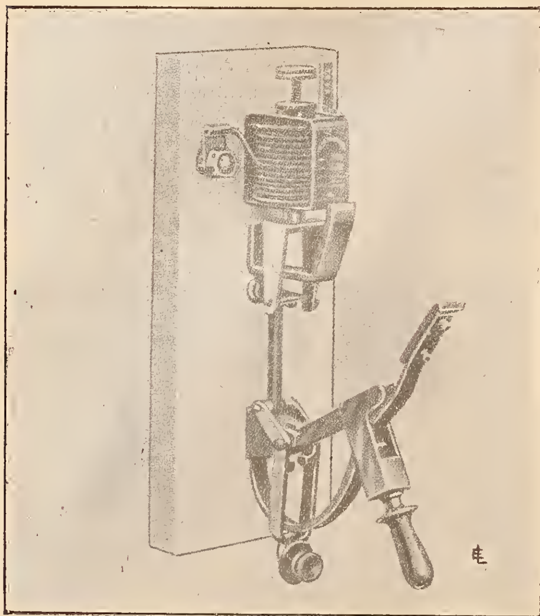


Fig. 65. — Interrupteur automatique utilisant un électro-aimant.

lurgiques, usines de construction métalliques, etc. où l'on a à soulever et à manutentionner des pièces métalliques, ferrailles, riblons, etc., on adopte la forme *cuirassée* (fig. 64).

Dans ce dispositif, un noyau central constituant l'un des pôles est entouré par la bobine, l'autre pôle est formé par l'enveloppe ou cuirasse.

Dans d'autres dispositifs où le noyau doit subir un certain déplacement, systèmes dits à noyaux plongeurs, le noyau se déplace dans la bobine. Ce noyau est attiré vers l'intérieur de la bobine par l'action des lignes de force qui ont toujours tendance à se raccourcir et à donner au noyau la position correspondant à la plus faible réluctance possible du circuit magnétique.

Les électro-aimants à plongeurs sont employés dans les relais des tableaux de distribution des usines électriques, les disjoncteurs, interrupteurs automatiques, dans la manœuvre des freins de ponts roulants, monte-charges, etc. (fig. 65.)

Les électro-aimants peuvent être à courant continu ou à courants alternatifs.

Certains dispositifs à action rapide sont la combinaison d'un aimant et d'un électro-aimant.

R. Sivoine.

TRIBUNE DES ABONNÉS

DEMANDES

N° 98. — Je vous serai très obligé si vous pouvez m'indiquer les procédés modernes pour le créosotage et le sulfatage des poteaux télégraphiques, ou m'indiquer les maisons où je pourrai m'adresser pour acheter les appareils nécessaires à ces deux opérations.

N° 99. — Quelle est la façon la plus simple de rechercher le cos φ dans un moteur triphasé ?

Paul C., à C.

N° 100. — Quel est le moyen le plus pratique pour obtenir l'autorisation d'un petit poste de T. S. F. d'amateur, pour l'étude au son, et divers essais et recherches. Je me suis conformé aux décrets du 17 février 1920 et je n'obtiens aucune réponse. Que faire dans ce cas ? Celle-ci est-elle si dificile, pour un *Français* qui a ses papiers en règle.

Un sans-filiste, I. C. Marck.

N° 101. — Quel est le moyen le plus pratique pour calculer un rhéostat de démarrage à courant continu, connaissant les caractéristiques du moteur (volts, ampères, tours /M).

N° 102. — Existe-t-il un ouvrage traitant de la fabrication des isolants et appareillage électrique?

N° 103. — Où pourrais-je me procurer un ouvrage traitant la construction pratique des moteurs électriques monophasés (type de laboratoire) et donnant les formules et schémas pour le bobinage, ainsi que le calcul des sections de ces appareils ?

L. E.

REPONSES

N° 91 R. — Au lieu de vous donner un tableau de l'ampérage des lampes les plus usitées, le plus simple est de vous indiquer le petit calcul à faire pour l'établir vous-même; car cet ampère varie avec le voltage et vous n'indiquez pas ce dernier. Vous trouverez dans le présent numéro, p. 254, une note sur la question. F.

N° 95 R. — On peut régénérer la pile Leclanché comme un accumulateur, par un courant de recharge.

N° 96 R. — Vous trouverez les schémas de commande électrique des ascenseurs dans le fascicule VI de la Bibliothèque de la « Technique moderne ». Les moteurs électriques et leurs applications industrielles, par A.-R. Garnier (Dunod, éditeur). L. F.

N° 99 R. — V. l' *Electricien* du 15 janvier 1920. N'oubliez pas qu'un casinus est un rapport trigonométrique.

MM. Henry, à Moulins, et L. H., à Rouen. — Nous publierons une note en réponse à vos questions sur les condensateurs, dans le prochain numéro de l'*Electricien*.

Le Gérant : L. De Soye.

PARIS. — L. DE SOYE, IMPRIMEUR, 18, RUE DES FOSSÉS-S.-JACQUES, V^e.
Téléph. 806-44